

## Application Note

**AM62A3、AM62A7、AM62A3-Q1、AM62A7-Q1 和 AM62D-Q1 处理器系列原理图设计指南和原理图审阅检查清单**

## 摘要

本应用手册总结了电路板设计人员在使用 AM62A3、AM62A7、AM62A3-Q1、AM62A7-Q1 和 AM62D-Q1 处理器系列中的处理器时应遵循的原理图设计指南、建议和审阅检查清单。该指南包含可能的处理器配置，并介绍如何将不同的处理器外设连接到附加的（外部）器件。检查清单一节列出了用户验证设计的审查点。

此外，本文还提供了处理器产品页面、相关配套资料、E2E 常见问题解答和其他常见参考文档的链接，可帮助电路板设计人员优化定制电路板设计工作和进度。

## 内容

<b>1 引言</b>	<b>2</b>
1.1 应用手册使用指南	2
1.2 按系列列出的处理器	2
<b>2 相关配套资料</b>	<b>3</b>
2.1 常用和适用配套资料的链接	3
2.2 定制电路板设计硬件设计注意事项	3
<b>3 处理器选择</b>	<b>3</b>
3.1 数据表用例和参考的版本	3
3.2 处理器选型和 OPN	3
3.3 外设实例命名约定	3
3.4 未使用的外设	4
3.5 处理器订购和质量	4
3.6 处理器选型检查清单	4
<b>4 电源架构</b>	<b>4</b>
4.1 生成电源轨	4
4.2 电源控制和电路保护	7
<b>5 一般建议</b>	<b>8</b>
5.1 处理器性能评估模块 (SK - 入门套件)	8
5.2 器件特定 (处理器特定、处理器系列特定) SK 与数据表	9
5.3 开始设计前	11
<b>6 特定于处理器的建议</b>	<b>13</b>
6.1 通用 (处理器启动) 连接	13
6.2 使用 JTAG 和 EMU 进行电路板调试	26
<b>7 处理器外设</b>	<b>27</b>
7.1 IO 组的电源连接	27
7.2 存储器接口 (DDRSS (DDR4/LPDDR4)、MMCSD (eMMC/SD/SDIO)、OSPI/QSPI 和 GPMC)	28
7.3 外部通信接口 (以太网 (CPSW3G)、USB2.0、UART 和控制器局域网 (CAN))	39
7.4 板载同步通信接口 (MCSPi、MCASP 和 I2C)	47
7.5 用户接口 (CSIRX0、DPI)、GPIO 和硬件诊断	50
7.6 验证电路板级设计问题	55
<b>8 布局注释 (已添加到原理图中)</b>	<b>57</b>
8.1 布局检查清单	57
<b>9 定制电路板设计仿真</b>	<b>57</b>
<b>10 其他参考内容</b>	<b>58</b>
10.1 有关 AM6xx 处理器系列的常见问题解答	58

10.2 常见问题解答 - 处理器产品系列和 Sitara 处理器系列.....	58
10.3 处理器连接器件.....	58
<b>11 总结</b> .....	<b>59</b>
<b>12 参考资料</b> .....	<b>59</b>
12.1 AM62A7/AM62A3/AM62A7-Q1/AM62A3-Q1.....	59
12.2 AM62D-Q1.....	59
12.3 AM62P/AM62P-Q1.....	59
12.4 AM625/AM623/AM625SIP/AM625-Q1/AM620-Q1.....	60
12.5 所有处理器系列通用.....	60
12.6 可用常见问题解答主列表 - 按处理器系列.....	61
12.7 可用常见问题解答主列表 - Sitara 处理器系列.....	61
12.8 常见问题解答, 包括相关软件.....	61
12.9 有关连接器件的常见问题解答.....	61
<b>13 术语</b> .....	<b>61</b>
<b>14 修订历史记录</b> .....	<b>63</b>

## 商标

Sitara™, Jacinto™, and KeyStone™ are trademarks of Texas Instruments.

WEBENCH® is a registered trademark of Texas Instruments.

Wi-Fi® is a registered trademark of Wi-Fi Alliance.

Bluetooth® is a registered trademark of Bluetooth SIG, Inc..

USB Type-C® is a registered trademark of USB Implementers Forum.

所有商标均为其各自所有者的财产。

## 1 引言

### 1.1 应用手册使用指南

*原理图设计指南和审阅检查清单* 应用手册提供了可在定制电路板原理图设计期间用作指南的设计指南, 以及可用于审阅定制电路板原理图的原理图审阅检查清单。

#### 1.1.1 特定处理器系列应用手册

本应用手册适用于 AM62Ax 和 AM62Dx 系列处理器, 涵盖 AM62A3、AM62A7、AM62A3-Q1、AM62A7-Q1 和 AM62D-Q1。

本应用手册介绍了特定处理器系列的设计指南和审阅检查清单。特定于处理器系列的应用手册使其便于用于所选的处理器系列。

#### 1.1.2 原理图设计指南

本应用手册为 AM62Ax 和 AM62Dx 处理器系列支持的所有外设提供了指南。在定制电路板原理图设计过程中, 用户可以查看并遵循原理图设计指南。除指南之外, 还提供了指向常见问题解答的链接, 以便在定制电路板原理图设计期间使用, 从而减少工作量并更大限度地减少误差。

#### 1.1.3 原理图审阅检查清单

向应用中添加了原理图审阅检查清单部分。该应用手册中的所有相关外设或电源部分都包含归为“一般”、“原理图审阅”和“其他类型”的检查清单。用户使用检查清单对定制电路板原理图进行自我审查, 以尽可能减少可能导致功能或性能问题的错误, 从而增加电路板启动和测试时间。

#### 1.1.4 应用手册使用指南的常见问题解答参考

[\[常见问题解答\] AM625 / AM623 / AM62A / AM62Dx / AM62P / AM64x / AM243x 设计建议/定制电路板硬件设计 - 定制电路板原理图自检](#)

### 1.2 按系列列出的处理器

本应用手册适用于以下列表中的所有处理器系列。产品相关文档可在 TI.com 的产品页面上找到。点击处理器链接可访问产品页面。

### 1.2.1 AM62Ax 处理器系列

[AM62A7](#) - 请参阅 [订购和质量](#) 部分了解 OPN

[AM62A3](#) - 请参阅 [订购和质量](#) 部分了解 OPN

[AM62A7-Q1](#) - 请参阅 [订购和质量](#) 部分了解 OPN

[AM62A3-Q1](#) - 请参阅 [订购和质量](#) 部分了解 OPN

### 1.2.2 AM62Dx 处理器系列

[AM62D-Q1](#) - 请参阅 [订购和质量](#) 部分了解 OPN

## 2 相关配套资料

### 2.1 常用和适用配套资料的链接

TI.com 上的处理器产品页面提供了许多与所选处理器相关的文档。在开始定制电路板设计之前，强烈建议阅读所有文档。

以下链接汇总了在开始进行定制电路板设计时可以参考的配套资料。

#### 2.1.1 AM62A7/AM62A3/AM62A7-Q1/AM62A3-Q1

[\[常见问题解答\] AM62A7/AM62A7-Q1 定制电路板硬件设计 - 入门配套资料](#)

[\[常见问题解答\] AM62A3/AM62A3-Q1 定制电路板硬件设计 - 入门配套资料](#)

#### 2.1.2 AM62D-Q1

[\[常见问题解答\] AM62D-Q1 定制电路板硬件设计 - 入门配套资料](#)

### 2.2 定制电路板设计硬件设计注意事项

在开始定制电路板设计之前，请通读处理器特定的 [定制电路板设计硬件设计注意事项](#) 用户指南。

请参阅下面链接中的处理器特定的 [定制电路板设计硬件设计注意事项](#) 用户指南：

[使用 AM62A7、AM62A3、AM62A7-Q1、AM62A3-Q1 和 AM62D-Q1 处理器系列的定制电路板设计硬件设计注意事项](#)

## 3 处理器选择

### 3.1 数据表用例和参考的版本

处理器特定数据表包括所有适用处理器外设的引脚属性（引脚到功能映射）、引脚说明、引脚连接要求、电气特性、时序和开关特性，以及所有处理器电源轨的建议工作条件、电源时序。

文档更新过程中引用的数据表列表和修订版：

德州仪器 (TI)，[AM62AxSitaratm 处理器数据表](#)

德州仪器 (TI)，[AM62Dx Sitaratm 处理器数据表](#)

### 3.2 处理器选型和 OPN

如需简要了解处理器架构以及如何选择处理器型号、特性、封装 (AMB、ANF) 和速度等级，请参阅器件特定或处理器特定数据表的 [功能方框图](#) 和 [器件比较](#) 部分。

请参阅处理器特定数据表的 [器件比较](#) 和 [器件及文档支持](#) 部分，选择所需的处理器 OPN。

建议使用所选的可订购器件更新原理图处理器器件。

### 3.3 外设实例命名约定

对于外设和实例的命名，器件特定 TRM 往往是 *通用的*，而器件特定数据表是 *特定的*。

在数据表中，即使只有一个外设实例，也会分配后缀编号。引用外设名称的文档不需要根据处理器的不同而进行更改。

后缀以 **0** 开头。对于通用平台以太网交换机 3 端口千兆位 (CPSW3G) 端口名称，端口 **0** 是交换机的内部 (通信端口编程接口 (CPPI) 主机) 端口。

### 3.4 未使用的外设

在不使用时，具有专用功能的外设具有连接要求。有关连接未使用的外设的信息，请参阅处理器特定数据表的 *引脚连接要求* 一节。连接要求包括连接电源和接口信号的建议。

当未指定连接要求时，具有未使用的替代功能的外设可保持未连接状态。焊盘配置可以是复位配置。

### 3.5 处理器订购和质量

有关所选处理器系列的订购和质量的信息，请访问以下链接：

[AM62A7 - 订购和质量](#)

[AM62A7-Q1 - 订购和质量](#)

[AM62A3 - 订购和质量](#)

[AM62A3-Q1 - 订购和质量](#)

[AM62D-Q1 - 订购和质量](#)

### 3.6 处理器选型检查清单

#### 一般

检查并验证定制原理图设计的以下内容：

1. 器件选择 (根据所需特性选择的处理器 **OPN** (可订购器件型号))
2. 引脚属性 (焊球名称、信号名称和每一列的内容，包括功率) 和引脚映射符合数据表
3. 引脚连接要求 (针对已使用和未使用的外设)
4. **RSVD** (保留) 引脚的连接建议
5. 用于探测和测量的电路板调试配置 (**OBSCLK** 和 **CLKOUT**)
6. 有关支持的引导模式和相关外设的勘误表
7. 建议的运行条件、内核、存储器接口、模拟和 **IO** 电源的上电和断电时序
8. 所选外设的电气特性和时序信息
9. 所选外设的应用手册、实施建议和布局指南

## 4 电源架构

如需了解概述，请参阅 TI [电源管理](#) 页面。

此外，[WEBENCH® 电路设计器工具](#) 还提供一个可视界面，用于创建定制电源和有源滤波器电路。

### 4.1 生成电源轨

可使用集成式或分立式电源架构生成所选处理器所需的电源轨。使用集成式电源架构 (**PMIC**) 可简化处理器特定电源架构 (电源) 的设计。**PMIC** 生成的电源通常用于为处理器和连接器件供电，支持电源上电和下电时序控制、斜升控制并满足所有处理器特定电源要求。除了 **PMIC**，还使用其他直流/直流转换器和 **LDO**，以根据用例生成额外的板载电源。

分立式电源架构可让您在设计 and 元件选型方面具有灵活性。电路板设计人员谨慎选择能提供所需负载电流、所需输出电压、支持所需负载瞬态响应、控制电源斜升和电源时序的电源器件。

处理器电源轨具有指定的压摆率要求。对于所有生成的电源轨或开关电源轨，请参阅处理器特定数据表的 *电源压摆率要求* 一节。

接下来的几节汇总了为使用不同电源架构生成板载电源而推荐的器件系列及相关配套资料。

## 4.1.1 AM62A7 / AM62A3 / AM62A7-Q1 / AM62A3-Q1 和 AM62D-Q1

### 4.1.1.1 PMIC

推荐用于集成式电源架构的 PMIC 包括 [TPS6593-Q1](#)。这种经过空间、性能和 BOM 优化的电源架构旨在为处理器和所连接器件供电。

有关实现，请参阅 [入门套件 SK-AM62A-LP](#) 原理图。

备选 PMIC 建议包括 [TPS65224-Q1](#)。对于汽车功能安全用例，请将处理器的 MCU\_I2C0 连接到 PMIC (TPS65224/TPS65222) I2C1。

请参阅以下常见问题解答：

[\[常见问题解答\] TMUX1308-Q1 : EN 和控制输入端接 - AM62P、AM62A 用例](#)

[\[常见问题解答\] AM62A7/AM62A7-Q1/AM62A3/AM62A3-Q1 设计建议/定制电路板硬件设计 - PMIC TPS6593 的常见问题](#)

#### 4.1.1.1.1 TPS6593x 的 PMIC 检查清单

##### 一般

检查并验证定制原理图设计的以下内容：

1. 上述部分，包括相关应用手册和常见问题解答链接
2. PMIC 选型 (可订购器件型号)
3. 有关添加所需输入和输出电容器 (包括值、反馈配置和引脚连接) 的 PMIC 检查清单
4. 考虑降额时所选电容器的额定电压 (常用指南为最坏情况下施加电压的两倍)
5. 建议的 PMIC 控制和 IO 信号配置
6. 用以使用 GPIO6 配置内核电压的配置

##### 原理图审阅

定制原理图设计请遵循以下列表：

1. 将定制 PMIC 实现方案与电容器和值、IO 连接和直流/直流输出反馈连接的 SK 原理图实现方案进行比较
2. 内核电压配置，使用 GPIO6 (高电平：Buck1/2/3 = 0.85V，低电平/悬空：Buck1/2/3 = 0.75V)、VDD\_CORE 和 VDDR\_CORE 时序控制，并提供替代内核电压配置
3. 处理器到 PMIC 以及 PMIC 到处理器 IO 接口连接
4. 连接处理器 IO 电源时序所需的控制信号 (处理器和所连接器件 IO 电源电压和压摆率控制的负载开关 EN)
5. 在考虑用例的情况下，使用的处理器和 PMIC I2C 接口与建议使用的接口
6. SD 卡 IO 电压控制配置引脚连接 (启动期间为 3.3V，切换到 1.8V)，根据 SD 卡接口用例验证 VSEL\_SD (GPIO5) 配置
7. 连接 SD 卡电源使能 SDCARD\_EN (GPIO11，连接到 SD 卡负载开关使能“与运算”逻辑输出)
8. 直接连接到处理器 MCU\_PORz 输入时的 PMIC nRSTOUT 压摆 (上拉值) (建议使用分立式推挽输出缓冲器)
9. VPP 电源 (电子保险丝编程) 输出控制，并在考虑负载电流瞬态的情况下增加大容量电容器和去耦电容器，并提供隔离电阻器来测试 VPP 使能时序
10. 与 PMIC 搭配使用的其他分立式直流/直流电源和 LDO 的配置
11. 连接 IO 的中断、EN、睡眠信号和拉电阻

##### 其他

1. 对于基于 TI PMIC 的电源架构，请详细审查 PMIC BU/PL 的实现情况
2. 建议在电源轨的输出端使用 0Ω 电阻器或跳线进行隔离或电流测量，以实现初始电路板构建
3. 分别显示用于直流/直流输入和 VSYS 的 PMIC 输入大容量电容器连接，并靠近引脚，以便于放置和布线



#### 4.1.1.1.2 TPS65224x 的 PMIC 检查清单

##### 一般

检查并验证定制原理图设计的以下内容：

1. 上述部分，包括相关应用手册和常见问题解答链接
2. PMIC 选型（可订购器件型号）
3. 有关添加所需输入和输出电容器（包括值、反馈配置和引脚连接）的 PMIC 检查清单
4. 考虑降额时所选电容器的额定电压（常用指南为最坏情况下施加电压的两倍）
5. 建议的 PMIC 控制和 IO 信号配置
6. 用以使用 GPIO3 配置内核电压的配置
7. 将模拟输入连接到 PMIC ADC 输入 GPIO4 或 GPIO5

##### 原理图审阅

定制原理图设计请遵循以下列表：

1. 将定制 PMIC 实现方案与电容器和值、IO 连接和直流/直流输出反馈连接的 SK 原理图实现方案进行比较
2. 内核电压配置，使用 GPIO3（BUCK1,2 高电平：0.85V，低电平/悬空：0.75V）、VDD\_CORE 和 VDDR\_CORE 时序控制，并提供替代内核电压配置
3. 处理器到 PMIC 以及 PMIC 到处理器 IO 接口连接
4. 连接处理器 IO 电源时序所需的控制信号（处理器和所连接器件 IO 电源电压和压摆率控制的负载开关 EN）
5. 在考虑用例的情况下，使用的处理器和 PMIC I2C 接口与建议使用的接口
6. 直接连接到处理器 MCU\_PORz 输入时的 PMIC nRSTOUT 压摆（上拉值）（建议使用分立式推挽输出缓冲器）
7. 与 PMIC 搭配使用的其他分立式直流/直流电源和 LDO 的配置
8. VPP 电源（电子保险丝编程）外部 LDO 的实施、输出控制，并在考虑负载电流瞬态的情况下增加大容量电容器和去耦电容器，并提供隔离电阻器来测试 VPP 使能时序
9. SD 卡电源的外部实现支持 UHS-I 速度和电子保险丝编程 VPP 电源
10. 连接用于 IO 的中断、EN/PB/VSESNSE 和睡眠信号拉电阻
11. GPIO4 或 GPIO5 的模拟输入和输入范围的连接

##### 其他

1. 对于基于 TI PMIC 的电源架构，请详细审查 PMIC BU/PL 的实现情况
2. 建议在电源轨的输出端使用  $0\Omega$  电阻器或跳线进行隔离或电流测量，以实现初始电路板构建
3. 分别显示用于直流/直流输入和 VSYS 的 PMIC 输入大容量电容器连接，并靠近引脚，以便于放置和布线

#### 4.1.1.1.3 其他参考内容

有关更多信息，请参阅器件特定处理器数据表的以下章节。

- 器件连接和布局基本准则
- 电源
- 电源设计

#### 4.1.1.2 分立式电源

分立式电源架构可用于生成处理器和连接的器件电源轨。分立式电源架构基于直流/直流转换器和 LDO。使用电源正常输出和分立式逻辑来实现电源序列。

使用定制分立式电源架构时，请注意数据表中指定的所有电源斜升后振荡器启动的 MCU\_PORz L 至 H 保持时间（延迟）要求。

MCU\_PORz 在电源有效之后上电时有效（低电平）（使用外部晶体电路）、或 MCU\_PORz 在电源有效之后上电时有效（低电平）且外部时钟稳定（使用外部 LVCMOS 时钟源）。

目前没有推荐的分立式电源架构实现，该建议未来可能会发生变化。有关更多信息，请参阅 TI.com 上的处理器（AM62A7 / AM62A3 / AM62A7-Q1 / AM62A3-Q1 和 AM62D-Q1）产品页面。

#### 4.1.1.2.1 直流/直流转换器

考虑使用 [TPS62826](#) 或 [LM61460-Q1](#) 器件等直流/直流转换器。

有关可用直流/直流转换器的概述，请参阅 [交流/直流和直流/直流转换器 \(集成 FET\)](#) 页面。

此外，请参阅以下内容：

[TI 降压开关直流/直流转换器快速参考指南应用手册](#)

[电源设计培训资源 - 视频库](#)

#### 4.1.1.2.2 LDO

考虑使用 [TPS74518](#)、[TLV7103318](#)、[TLV75518](#) 等 LDO 器件。

要了解可用的 LDO，请参阅 TI [线性和低压降 \(LDO\) 稳压器](#) 页面。

此外，请参阅以下内容：

[低压降稳压器快速参考指南](#)

[LDO 线性稳压器设计指南](#)

[TI LDO 应用手册的主题索引](#)

#### 4.1.1.2.3 分立式电源检查清单

##### 一般

检查并验证定制原理图设计的以下内容：

1. 上述部分，包括相关应用手册
2. 所有电源轨配置的输出电压和所需的额定电流
3. 输出电压反馈连接和反馈分压电阻器容差
4. 精选的分立式直流/直流架构支持有源放电
5. 压摆率符合处理器要求，所有电源轨的时序符合处理器要求
6. 所有电源斜升后的 MCU\_PORz 压摆率（通过分立式推挽输出缓冲器进行连接）和 L 至 H 延迟（MCU\_PORz 保持时间）实现
7. 考虑降额时所选电容器的额定电压（常用指南为最坏情况下施加电压的两倍）
8. 器件选择
9. SD 卡接口 IO 电源的实现支持 UHS-I 速度和电子保险丝编程 VPP 电源

##### 原理图审阅

定制原理图设计请遵循以下列表：

1. 电阻分压器值（包括连接到反馈输入以生成所需输出电压的容差）与计算值匹配
2. PG 输出具有所需的上拉电阻，并连接到另一个直流/直流或 LDO EN 以进行电源时序
3. 电源轨输出压摆率
4. 电源斜坡后的 MCU\_PORz 保持时间，如果直流/直流 PG 输出直接连接到处理器 MCU\_PORz 输入

##### 其他

1. 如果电源架构基于 TI 电源，请通过 PMIC BU/PL 详细查看实现
2. 建议在电源轨的输出端使用 0Ω 电阻器或跳线进行隔离或电流测量，以实现初始电路板构建

## 4.2 电源控制和电路保护

### 4.2.1 负载开关 (电源开关)

使用负载开关打开和关闭由同一电源电平轨供电的特定外设或子系统的电源，而不是使用多个直流/直流转换器或 LDO 生成电源。在某些应用中，必须遵循严格的上电和下电序列。负载开关简化了实现电源时序控制，以满足上电和下电要求。负载开关使能由 PMIC 或直流/直流转换器控制，以满足处理器电源时序要求。

考虑 [TPS22965](#)、[TPS22918](#)、[TPS22902](#) 和 [TPS22946](#) 等负载开关。

要了解可用负载开关的概述，请参阅 TI [负载开关](#) 页面。

#### 4.2.1.1 负载开关检查清单

##### 一般

检查并验证定制原理图设计的以下内容：

1. 上述部分，包括相关应用手册和常见问题解答链接
2. 负载开关电流额定值
3. 负载开关使能时序控制 (PMIC GPIO 或直流/直流 PG)
4. 压摆率配置
5. 考虑降额时所选电容器的额定电压 (常用指南为施加电压的两倍)

##### 原理图审阅

定制原理图设计请遵循以下列表：

1. 输入和输出电容器值和额定电压
2. 根据处理器 IO 电源压摆率要求配置压摆率 (电容器值选择)

### 4.2.2 电子保险丝 IC (电源开关和保护)

电子保险丝电源开关和保护 IC 是集成的电源路径保护器件，用于在故障情况下将电路电流和电压限制在安全电平。电子保险丝为设计提供了许多优势，并且包含通常难以使用分立式元件实现的保护功能。要了解可用的电子保险丝，请参阅 TI [电子保险丝和热插拔控制器](#) 页面。

## 5 一般建议

以下一般建议部分包含电路板设计人员在设计定制电路板时应熟悉的建议和指南。

### 5.1 处理器性能评估模块 (SK - 入门套件)

处理器 (硬件) 性能评估模块和平台 (SK) 不是参考设计；这些模块和平台并不代表正确或完整的电路板或系统实现。在许多情况下，SK 在处理器设计完成之前便已进行了部分或完全设计并发布进行制造。设置时间表是为了在首批器件到手后便可使用硬件平台。在处理器启动和基准测试期间会出现新的处理器要求。硬件评估平台可能并未考虑到所有这些新要求。因此，TI 希望用户在设计定制电路板时仔细检查并遵循器件特定数据表、器件勘误表和 TRM 中定义的所有要求。

处理器 (硬件) 性能评估平台的设计并未涵盖 EMI 或 EMC 目的 (减少辐射发射)、噪声敏感性、热管理等所有电路板或系统特定要求。

有关设计更新说明，用户可以参考以下常见问题解答以及 SK 原理图：

[\[常见问题解答\] AM625/AM623/AM62A 定制电路板硬件设计的常见设计错误/建议 - SK 原理图设计更新说明。](#)

#### 5.1.1 评估模块检查清单

##### 一般

检查并验证定制原理图设计的以下内容：

1. 上述部分，包括相关应用手册和常见问题解答链接
2. 以 SK 为基准与选定的处理器系列匹配



3. 基准 SK 板上的处理器封装与为定制电路板设计选择的处理器相匹配
4. 基准 SK 原理图修订版本包括设计说明 (D-Note)、修订说明 (R-Note) 和 CAD 说明 (CAD Note)

## 5.2 器件特定 ( 处理器特定、处理器系列特定 ) SK 与数据表

如果在评估或定制电路板设计期间器件特定 SK 和数据表之间存在任何差异，请遵循数据表。尽管电路板设计人员已经尽了很大努力，但 SK 还是包含仍然起作用但不完全符合数据表规范的错误。

### 5.2.1 有关元件选择的注意事项

SK 元件选型并非总是经过优化。查看 BOM，并根据数据表建议、应用要求和电路板电路设计来优化元件选型。

建议在最终确定元件参数值和额定值 ( 例如电压和功率 ) 之前，根据需要进行设计计算、设计审查并执行板级测试和测量。

#### 5.2.1.1 串联电阻

电路板设计人员可以将串联电阻的建议值作为起点。验证电路板上的值并进行相应调整 ( 引脚上出现的阶跃函数不接近  $1/2 V_s$  )。

#### 5.2.1.2 并联拉电阻

为向处理器 IO 添加并联拉电阻提供配置。并联拉电阻的极性和值取决于特定的外设连接建议、处理器性能提升建议以及相关接口或标准要求。

器件特定 SK 拉电阻值用作起点，电路板设计人员可根据处理器和所连接器件或特定电路板设计实现的建议选择适当的拉电阻值。

当布线连接到处理器焊盘且未被主动驱动时，建议使用并联拉电阻。拉电阻极性取决于设计用例。上电期间，处理器 IO 缓冲器关闭，IO 处于高阻抗状态，实际上是用作会拾取噪声的天线。如果没有任何端接，IO 均为高阻抗。高阻抗意味着，噪声很容易将能量耦合到悬空信号布线上，并产生可能超出建议工作条件的电势，从而在 IO 上产生电气过应力 (EOS)。处理器内部的静电放电 (ESD) 保护电路设计用于在将器件安装到 PCB 组件上之前防止对其进行处理。

#### 5.2.1.3 驱动强度配置

TI 当前不支持为 SDIO 和 LVCMOS 缓冲器配置除标称 ( 默认 ) 值以外的任何其他驱动强度，因为标称值是唯一已关闭芯片级 STA ( 静态时序分析 ) 的配置。标称值对应于 SDIO 的  $40 \Omega$  和 LVCMOS 的  $60 \Omega$ 。IBIS 模型已更新为仅包含已在内部关闭时序的那些驱动强度。

有关驱动强度配置支持相关信息，请参阅以下常见问题解答：

[\[常见问题解答\] AM625 / AM623 / AM62A / AM62P / AM62D-Q1 / AM64x / AM243x 设计建议/定制电路板硬件设计 - SDIO 和 LVCMOS 的 I/O 驱动强度配置](#)

#### 5.2.1.4 数据表建议

电路板设计人员负责实现任何必要的预防措施，以确保定制电路板设计不会违反处理器特定数据表中指定的要求。示例处理器要求包括 I2C 开漏和失效防护 (I2C OD FS) 电气特性 - 输入压摆率。

当没有数据表建议时，可以先参照以下检查清单中提供的建议，或使用 SK 原理图中的实现作为起点。

#### 5.2.1.5 处理器 IO - 外部 ESD 保护

由于内部 ESD 保护并非专为满足电路板 ( 或系统 ) 级 ESD 要求而设计，因此建议为直接连接到外部连接器或暴露在外输入下的任何处理器 IO 提供外部 ESD 保护。要了解 ESD 保护器件，请参阅 TI [ESD 保护二极管](#) 页面。

#### 5.2.1.6 外设时钟输出串联电阻器

由于时钟输出也用于重定时，因此需要在时钟输出端使用串联电阻器来解决时钟信号源处的信号失真问题。对于 MMCx 接口，使用非接合焊盘，因此环回不需要串联电阻。在某些情况下，出于 EMI/EMC 目的 ( 减少辐射发射 )，需要使用低值串联电阻器。建议保留串联电阻器作为占位器件，以防需要提高信号完整性。

### 5.2.1.7 元件选型检查清单

#### 一般

检查并验证定制原理图设计的以下内容：

1. 上述部分，包括相关应用手册
2. 选择电阻值、容差、尺寸和功率
3. 只有特定电阻器需要 1% 的容差（请参阅处理器或附加器件数据表、SK 原理图或 EVM）
4. 标准容差电阻器可用于其他用例，例如：上拉、下拉或串联电阻器
5. 将定制电路板上的拉电阻值与 SK 原理图进行比较
6. 包含降额的电容器的额定电压（常用准则是施加电压的两倍）
7. 考虑直流偏置影响的电容器的额定电压（处于建议值范围内）
8. 封装选择（取决于应用和用户，考虑电压和温度范围）
9. 选择兼容的连接器件（DDR 和闪存、EPHY）
10. 建议的存储器大小、选择所需的存储器大小 (DDR) 并根据需要提供扩展存储器的配置

有关 EVM 和 SK 上使用的关键元件的信息，请参考以下常见问题解答

[\[常见问题解答\] AM625 / AM623 / AM62A / AM62Dx / AM62P / AM64x / AM243x 设计建议/定制电路板硬件设计 - 入门套件/EVM 型号和关键元件列表](#)

### 5.2.2 有关重复使用 SK 设计的额外信息

#### 5.2.2.1 更新了 SK 原理图（添加了设计、审核和 CAD 注解）

在定制电路板设计过程中，设计人员经常重复使用 SK 设计文件，并修改设计文件。此外，设计人员也会重复使用常见实现方式，包括处理器、存储器以及通信接口等。鉴于 SK 被寄予实现更多附加功能的厚望，设计人员会对 SK 实现进行优化，以满足电路板设计的要求。在对 SK 原理图进行优化时，会在定制设计中引入误差，这类误差会导致功能、性能或可靠性方面的问题。优化过程中，如设计人员对 SK 实施存在疑惑，可能会导致设计错误。许多这类优化和设计错误在各种设计中很常见。根据用户意见和数据表中的引脚连接建议，我们在 SK 原理图的各部分附近添加了全面的设计要点 (D-Note)、审核提示 (R-Note) 和 CAD 注解 (CAD-Note)，供设计人员查看并遵循，以便更大程度减少设计中的错误。作为设计下载的一部分，会包含用于支持评估的附加文件。

下面的产品概述文档中列出了可在 TI.com 上下载每个 SK 的文档列表。

[SK-AM62A-LP 设计包文件夹和文件列表产品概述](#)

查看相关处理器产品页面以了解更新文档的可用性

#### 5.2.2.2 SK 设计文件重复使用

根据定制电路板设计期间遵循的设计流程和项目进度，可以重复使用 SK 设计文件，以此为起点进行所需的更新。建议验证 SK 实现和元件选型。

以下链接中汇总了电路板设计人员在重复使用 TI SK 设计文件时必须熟悉的注意事项。

[\[常见问题解答\] AM62A7 或 AM62A3 定制电路板硬件设计 - 重复使用 TI SK \(EVM\) 设计文件](#)

以上常见问题解答是通用的，包含 AM62D-Q1 处理器系列的信息。

#### 5.2.2.2.1 重复使用 SK 设计检查清单

#### 一般

检查并验证定制原理图设计的以下内容：

1. 上述部分，包括相关应用手册和常见问题解答链接
2. 引用所选或所需 SK 设计的最新版本
3. 考虑了 D-Note 和 R-Note
4. 当另存为不同项目时，可重置元件 DNIS 配置，或者重新排列原理图页面或电路部分

5. 将原理图设计转换为替代 CAD 工具时，连接（包括端口连接）的变化

## 5.3 开始设计前

### 5.3.1 文档

在定制板设计周期中，建议参考或使用最新版本的文档，示例包括处理器特定数据表、器件勘误表、TRM 和其他常用参考设计资料。在处理器特定产品页面上查看是否有最新可用文档或添加的新文档。

文档搜索提示：在文档中搜索 *recommended*、*Required*、*do not*、*note*、*pin connectivity* 等字词。处理器的重要条件通常包含其中一个或多个词语。

获取更新信息的技巧：在 TI.com 的处理器产品页面上，有一个 *Notifications* 按钮。在此按钮处注册便可启用关于处理器文档更改的自动通知。

### 5.3.2 处理器引脚属性（引脚排列）验证

验证以下引脚属性

- 处理器引脚标签对应于处理器特定数据表的 *引脚属性* 部分中列出的正确引脚编号。在符号中保留数据表名称，并根据应用用例更改功能（网）名称。
- 连接到处理器电源引脚的电源电压处于 *建议运行条件* 内。
- 原理图中显示了处理器的所有引脚（按功能分组并具有单独的符号块，包括保留的引脚），以更大程度地减少工具相关错误和功能错误。
- 许多处理器 IO TX（输出缓冲器）和 RX（输入缓冲器）缓冲器和上拉电阻器在复位期间关闭。建议使用外部拉电阻将任何附加器件的输入保持在有效逻辑状态，直到软件初始化 IO 为止。是否使用拉电阻取决于所连接器件的 IO 能力。
- 为了提高定制电路板的性能，建议实现对电压、电流或温度的外部监控。

### 5.3.3 器件比较和 IOSET

请参阅器件特定数据表的 *器件比较* 一节中有关共享 IO 引脚的注释。IOSET 是特定于某个接口的信号分组，这些信号作为一个集合进行计时。该处理器使用 IOSET 进行时序闭合。任何具有 IOSET 的接口都必须从同一 IOSET 中选择所有接口信号。某些接口信号可以通过多个 IOSET 共享。SysConfig-PinMux 工具中详细介绍了有效的引脚组合。

### 5.3.4 RSVD 预留引脚（信号）

名为 RSVD 的引脚被预留。按照数据表中的建议，将 RSVD 引脚保持未连接状态（无 TP）。

建议不要将任何 PCB 布线或测试点连接到 RSVD 引脚。

有关更多信息，请参阅 [\[常见问题解答\] AM625 / AM623 / AM625SIP / AM625-Q1 / AM620-Q1 定制电路板硬件设计 - RSVD 引脚连接建议](#)。这是通用常见问题解答，也可用于 AM62A7 / AM62A3 / AM62A7-Q1 / AM62A3-Q1 和 AM62D-Q1 系列处理器。

### 5.3.5 PADCONFIG 寄存器注意事项

许多处理器 IO 都支持功能的多路复用。可以从多种功能中选择 IO 功能。处理器特定数据表的 *引脚属性* 表的 *信号名称* 列中枚举了每个焊盘上可用的功能列表。

通过相关焊盘配置寄存器的 MUXMODE 字段选择所需的功能。PADCFG\_CTRL0\_CFG0\_PADCONFIG0 至 PADCFG\_CTRL0\_CFG0\_PADCONFIG150 寄存器控制处理器主域中 IO 模块的信号多路复用，而 MCU\_PADCFG\_CTRL0\_CFG0\_PADCONFIG0 至 MCU\_PADCFG\_CTRL0\_CFG0\_PADCONFIG33 寄存器控制处理器 MCU 域中 IO 模块的信号多路复用。

处理器特定 TRM 的 *焊盘配置寄存器* 一节中的 *焊盘配置 PADCONFIG 寄存器* 表汇总了所有 PADCONFIG 寄存器的位字段复位值。配置 PADCONFIG 寄存器时，请遵循表末尾列出的注释。在与相应 PADCONFIG 寄存器关联的引脚没有有效逻辑状态的情况下，切勿设置 RXACTIVE 位。悬空输入可能会损坏处理器或影响可靠性。

### 5.3.6 针对失效防护操作的处理器 IO (信号) 隔离

当处理器和连接器件或额外主机由不同的电源供电时，建议进行信号隔离，因为大多数处理器 IO 都不具有失效防护功能。建议通过 FET 总线开关电路来路由信号，该电路设计用于在 IO 电源对两个器件均无效时自动隔离这两个器件。建议 FET 总线开关和控制逻辑由常开电源供电，并且仅由不同电源的电源正常信号的“与”函数启用。

### 5.3.7 器件特定 SK 的参考

有关实现 (当器件特定数据表中没有提供特定建议时) 示例和值，请参阅器件特定 SK (如果适用)。

### 5.3.8 高速接口设计指南

有关 USB2.0 和 CSI-Rx 信号连接和布线的详细建议，请参阅 [高速接口布局布线指南](#)。在定制电路板设计中遵循适当约束或布线要求。

对于 USB 接口，在恶劣的工业环境中运行时，添加共模扼流圈来提高定制电路板的性能。添加共模扼流圈会降低信号振幅并降低性能。为使用  $0\ \Omega$  电阻绕过共模扼流圈添加配置。应考虑根据应用要求添加外部 ESD 保护。

### 5.3.9 LVCMOS (GPIO) 输出的推荐拉电流或灌电流

拉出的直流电流输出需要保持小于定义的最大  $I_{OH}$  和  $I_{OL}$  值，以实现相应电气特性表中定义的  $V_{OL}$  最大值和  $V_{OH}$  最小值。建议拉电流或灌电流不应超过器件特定数据表中定义的限制，并且首选直流拉电流或灌电流应明显小于这些限制，以免增加散热或带来其他问题。

这些高电流电平的开关会产生电气噪声，这些噪声会耦合到其他电路，从而需要在相应的 IO 电源轨上使用额外的去耦电容器。

### 5.3.10 将慢速斜升输入或电容器连接到 LVCMOS IO (输入或输出)

LVCMOS 输入具有指定的压摆率要求。不建议将慢速斜升信号直接连接到 LVCMOS 输入或 LVCMOS 输入端的电容器。当施加慢速斜升输入时，CMOS 输入会产生击穿电流，当输入为  $1/2 V_s$  时，该电流将从 VDD 通过部分导通的 P 沟道晶体管和部分导通的 N 沟道晶体管流向 VSS。累积的慢速斜升会导致性能或可靠性问题。

LVCMOS 输出缓冲器不适用于驱动大型容性负载。当 LVCMOS 类型 IO 配置为输出并连接到电容器时，请遵循数据表建议的允许电容值或添加串联电阻以限制 IO 输出电流或执行仿真。

### 5.3.11 定制电路板设计过程中与处理器相关的疑问和说明

有关处理器选择、功能和指南的疑问和说明，TI 建议使用 [E2E](#) 论坛。使用 E2E 提问或参考相关问题和先前的答案。

### 5.3.12 开始设计前检查清单

#### 一般

检查并验证定制原理图设计的以下内容：

1. 上述部分，包括相关应用手册和常见问题解答链接
2. 定制电路板原理图上使用的处理器原理图符号遵循相应的处理器数据表 [引脚属性](#) 部分中针对特定外设的焊球名称、引脚编号和 IOSET 分组建议
3. 考虑了所需的 IO 功能和焊盘配置
4. 考虑了处理器 IO 的失效防护运行和负载要求
5. 根据用例缓冲处理器 IO (输出) 以驱动更高的电流
6. 所选 SK 设计的最新版本被引用

#### 其他

1. 请参阅 TI.com 上的相关配套资料，更大限度地减少设计误差并优化设计工作量
2. 经常在 TI.com 上查看相关文档的最新版本
3. 使用 E2E 寻求解释



### 5.3.13 器件建议

TI 不提供器件建议。

建议遵循数据表的 *DDR 电气特性* 部分选择 LPDDR4 存储器。

与 MMC0 关联的 MMCSD 主机控制器和 PHY 的设计符合数据表和 TRM 中所述的标准。

建议在选择 eMMC/SD 卡时遵循数据表的 *MMC0 - eMMC/SD/SDIO 接口* 部分。

请参考 [\[常见问题解答\] AM625/AM623/AM62A/AM62P/AM64x/AM243x 设计建议/定制电路板硬件设计 - 入门套件/EVM 型号和关键元件列表](#)，将其作为 EVM 和 SK 上使用的关键元件的起点。

## 6 特定于处理器的建议

### 6.1 通用 ( 处理器启动 ) 连接

#### 6.1.1 电源

请遵循下列建议：

- 每个电源轨的电源要求因使用的接口和工作环境而异。
- 处理器电源轨的电流消耗可以通过 *功耗估算工具 (PET)* 进行估算。如果电源轨为其他板载连接 ( 外设 ) 器件供电，则考虑这些器件的最大电流消耗。
- 有关电源额定功率和不同电源轨的最大电流额定值的信息，请参阅 [AM62Ax 最大电流额定值](#)。查看相关处理器产品页面以了解更新文档的可用性。
- 验证所选电源架构 ( 包括 PMIC、直流/直流转换器和 LDO ) 的输出电流额定值是否满足处理器和所有连接器件的最大电流需求。针对设计差异添加额外的裕度。
- 验证是否遵循了建议的电源序列 ( 上电和下电 )。建议使用与复位和时钟相关的正确电源时序。有关建议的电源时序要求，请参阅器件特定数据表的 *电源时序* 一节。

有关处理器建议 *运行条件 (ROC)* 的设计建议，请参阅 [\[常见问题解答\] AM625/AM623/AM62A/AM62P/AM64x/AM243x 设计建议/定制电路板硬件设计 - SOC ROC 建议运行条件](#)。常见问题解答是通用的，也可用于 AM62D-Q1 处理器系列。

##### 6.1.1.1 内核和外设的电源

为确保正常运行，请为所有电源引脚 ( 焊球 ) 提供处理器特定数据表 *建议运行条件* 一节中建议的电源电压。处理器特定数据表的 *引脚连接要求* 一节指定了具有特定连接要求的电源引脚。处理器不支持动态电压调节。

请参阅与动态电压调节 (DVS) 和动态频率调节 (DFS) 相关的 [\[常见问题解答\] AM625 / AM623 / AM62A / AM62P / AM64x / AM243x 设计建议 / 定制电路板硬件设计 - 动态电压调节](#)。常见问题解答是通用的，也可用于 AM62D-Q1 处理器系列。

#### 备注

无法单独为 MCU 域和 MAIN 域供电。处理器没有单独的 MCU 和主电源域。所有电源轨都需要通电，并按处理器特定数据表中的定义对它们进行定序。MCU 和 MAIN 的概念仅适用于内部器件功能和处理器域。

##### 6.1.1.1.1 AM62A7 / AM62A3 / AM62A7-Q1 / AM62A3-Q1 和 AM62D-Q1

建议使用同一电源为内核电源 VDD\_CORE、VDDA\_CORE\_CSIRX0、VDDA\_CORE\_USB 和 VDDA\_DDR\_PLL0 供电，这些电源在 0.75V 或 0.85V 电压下工作 ( *建议运行条件 (ROC)* 表中定义的有效工作范围 )。当电源在 0.75V 电压下工作时，建议在所有 0.85V 电源之前斜升 0.75V。

VDDR\_CORE 的额定工作电压仅为 0.85V。当 VDD\_CORE 在 0.85V 下工作时，建议使用同一电源为 VDD\_CORE 和 VDDR\_CORE 供电 ( 同时斜升 )。

建议始终连接 VDDS\_OSC0 和 VDDA\_MCU 电源。



该处理器包含多个模拟电源引脚，这些引脚可为 VDDA\_MCU、VDDA\_PLLx [x = 0-4]、VDDA\_1P8\_CSIRX0 和 VDDA\_1P8\_USB 等敏感模拟电路供电。建议使用滤波铁氧体电源。

更多信息，请参阅处理器特定数据表的 [建议运行条件](#) 部分和 [电源时序](#) 部分。

#### 6.1.1.1.2 其他信息

有关处理器电源时序要求的更多信息，请参阅 [\[常见问题解答\] AM625/AM623 定制电路板硬件设计 - 上电和下电的处理器电源时序要求](#)

有关使用铁氧体的处理器电源轨滤波的更多信息，请参阅 [\[常见问题解答\] AM625/AM623 定制板硬件设计 - 针对 SoC 电源轨的铁氧体 \(电源滤波器\) 建议](#)

这是通用常见问题解答，也可用于 AM62A7 / AM62A3 / AM62A7-Q1 / AM62A3-Q1 和 AM62D-Q1 系列处理器。

#### 6.1.1.1.3 处理器内核和外设内核电源检查清单

##### 一般

检查并验证定制原理图设计的以下内容：

1. 上述部分，包括相关应用手册和常见问题解答链接
2. 引脚属性、信号说明和电气规范
3. 建议施加到内核 VDD 电源轨 0.75V 或 0.85V 的电压
4. 请参阅处理器特定数据表的上电时序 - 电源/信号分配 部分，了解使用部分 IO 低功耗模式和未使用部分 IO 低功耗模式时内核电源的时序。
5. 在上电或断电期间，施加到 VDDR\_CORE 的电势绝不能超过施加到 VDD\_CORE 的电势 +0.18V。当 VDD\_CORE 工作电压为 0.75V 时，该时序要求 VDD\_CORE 在 VDDR\_CORE 之前斜升并在 VDDR\_CORE 之后斜降
6. 当 VDD\_CORE 以 0.85V 电压运行时，从同一电源为 VDD\_CORE 和 VDDR\_CORE 供电以同时斜升
7. 根据引脚连接要求，当未使用特定外设时的内核电源连接
8. 根据引脚连接要求，当未使用特定外设但需要边界扫描功能时，连接内核电源 (CSIRX0)

##### 原理图审阅

定制原理图设计请遵循以下列表：

1. 根据 SK 原理图比较所有电源轨的大容量电容器和去耦电容器的实现
2. 根据 SK 原理图，为外设内核电源 (CSI、USB、CANUART) 提供了铁氧体滤波器
3. 当未使用外设但需要边界扫描功能时，铁氧体和大容量电容器对于外设内核电源是可选的
4. 电源轨连接遵循 ROC

##### 其他

1. 对于所有电源轨，请放置一个 0Ω 电阻器或跳线，以便在电源轨的输出端进行隔离或电流测量
2. 器件从复位状态释放后，不允许更改内核电压。如果内核电源关闭，则根据断电序列关闭并斜降所有电源轨，并等待所有电源轨衰减至 300mV 以下，然后再次接通电源
3. 当 USB 驱动程序未初始化且 USB 校准过程未发生时，连接电源并保留所有 USB 引脚对于 USB0 和/或 USB1 是可以接受的。当两个 USB 接口都未使用时，根据引脚连接要求将 USB 电源接地可节省电力 (如果低功耗是一项关键要求)
4. 按照处理器特定 SK 的说明来实现铁氧体和电容器
5. 不允许或不建议动态调节内核电源

#### 6.1.1.1.4 外设模拟电源检查清单

##### 一般

检查并验证定制原理图设计的以下内容：

1. 上述部分，包括相关应用手册和常见问题解答链接

2. 引脚属性、信号说明和电气规范
3. 建议的电压施加到外设模拟电源轨 1.8V
4. 电源轨连接基于处理器系列

AM62Ax 和 AM62Dx : VDDA\_MCU、VDDS\_OSC0、VDDA\_PLL0、VDDA\_PLL1、VDDA\_PLL2、VDDA\_PLL3、VDDA\_PLL4、VDDA\_1P8\_CSIRX0、VDDA\_1P8\_USB、VDDA\_TEMP0、VDDA\_TEMP1、VDDA\_TEMP2、VMON\_1P8\_SOC

5. 电源轨 VDDA\_3P3\_USB 3.3V 模拟电源连接，用于支持 USB2.0 接口
6. 根据引脚连接要求，当未使用特定外设时的外设模拟电源连接
7. 根据引脚连接要求，当未使用特定外设但需要边界扫描功能时，连接外设模拟电源 (CSIRX0)

## 原理图审阅

定制原理图设计请遵循以下列表：

1. 根据 SK 原理图比较所有电源轨的大容量电容器和去耦电容器
2. 根据 SK 原理图，为外设模拟电源 (CSI、PLL、USB (1.8V)、MCU) 提供了铁氧体滤波器
3. 当不使用特定外设而需要边界扫描功能时，铁氧体和大容量电容器是可选的
4. 电源轨已连接且遵循 ROC

## 其他

1. 对于所有电源轨，使用 0 Ω 电阻器或跳线在电源轨输出端进行隔离或电流测量
2. 当 USB 驱动程序未初始化且 USB 校准过程未发生时，连接电源并保留所有 USB 引脚对于 USB0 和/或 USB1 是可以接受的。当两个 USB 接口都未使用时，根据引脚连接要求将 USB 电源接地可节省电力 (如果低功耗是一项关键要求)
3. 按照处理器特定 SK 的说明来实现铁氧体和电容器
4. 不允许或不建议动态调节模拟电源

### 6.1.1.2 IO 组的电源

[\[常见问题解答\] AM625 / AM623 / AM62A / AM62P / AM64x / AM243x 设计建议 / 定制电路板硬件设计 - CAP\\_VDDSn CAP\\_VDDS](#) 提供有关 CAP\_VDDSn、电容器值以及电容器安装或短路状态的影响的建议。

#### 6.1.1.2.1 AM62A7 / AM62A3 / AM62A7-Q1 / AM62A3-Q1 和 AM62D-Q1

该处理器包含九个双电压 IO 组 (VDDSHVx [x = 0-6]、VDDSHV\_CANUART 和 VDDSHV\_MCU)，其中每个域为一组固定的 IO 供电。每个 IO 组可单独配置为 3.3V 或 1.8V，这决定了由相应 IO 组电源供电的整组 IO 的通用工作电压。

指定为 CAP\_VDDSn [n = 0-6]、CAP\_VDDS\_CANUART 和 CAP\_VDDS\_MCU 的处理器焊盘 (引脚) 在 IO 电源组连接到 3.3V 电源时，将外部电容器连接到内部 IO 电源组稳压器 (当 IO 组电源连接到 1.8V 时为可选)。建议使用 1 μF (连接在 CAP\_VDDSn 引脚和 VSS 之间，请参阅处理器特定数据表) 电容器。有关建议的电容器额定电压和允许的电容范围，请参阅处理器特定数据表。当 IO 电源组连接到 3.3V 时，稳态直流输出 (即施加到 VDDSHVx/2 的电压) 是电容器直流偏置效应降额所考虑的电压。

为了满足环路电感要求，请将电容器放置在 BGA 阵列 PCB 背面。电容器额定电压的选择会影响电容器封装和尺寸选择。

选择 ESR 小于 1 Ω 的电容器，将布线环路电感保持在 2.5nH 以下。

#### 6.1.1.2.2 其他信息

大多数处理器 IO 都没有失效防护功能。有关失效防护 IO 的信息，请参阅处理器特定数据表。使用与相应处理器相同的电源 - 双电压 IO 组 (VDDSHVx 电源轨) - 为附加器件的 IO 供电，以确保电路板绝不会向未供电的 IO 施加电位。建议执行失效防护操作，以保护处理器和所连接器件的 IO。

有关处理器和所连接器件之间的电源时序要求 (包括用于失效防护操作的信号隔离) 的更多信息，请参阅 [\[常见问题解答\] AM625 / AM623 定制电路板硬件设计 - SOC \(处理器\) 和所连接器件之间的电源时序](#)。这是通用常见问题解答，也可用于 AM62A7 / AM62A3 / AM62A7-Q1 / AM62A3-Q1 和 AM62D-Q1 系列处理器。

## 备注

确保在将输入施加到相关处理器 IO 或外设之前，VDDSHVx IO 电源存在有效的电源电压。

连接 VDDSHVx IO 电源和相关的 CAP\_VDDSn 电容器，而不管处理器 IO 或外设的使用情况如何。

### 6.1.1.2.3 IO 组的电源检查清单

#### 一般

检查并验证定制原理图设计的以下内容：

1. 上述部分，包括相关应用手册和常见问题解答链接
2. 引脚属性、信号说明和电气规范
3. 电气特性和其他可用信息
4. 根据 ROC，有效的固定电源连接到所有 IO 电源组 ( VDDSHV\_CANUART、VDDSHV\_MCU、VDDSHV0、VDDSHV1、VDDSHV2、VDDSHV3 )
5. 根据 ROC，有效电源 ( 可动态更改 ) 连接至 VDDSHV4、VDDSHV5、VDDSHV6 IO 电源组
6. 遵循 IO 电源轨的压摆率要求
7. 内部 LDO 输出引脚已连接建议的电容器 ( 在 CAP\_VDDSn 引脚和 VSS 之间 )
8. 下面遵循了处理器数据表中的电源序列建议

#### 原理图审阅

定制原理图设计请遵循以下列表：

1. 将建议电容器连接到 CAP\_VDDSn 引脚和 VSS
2. CAP\_VDDSn 电容器封装 ( 使用尽可能小的 ( 0201 或更靠近 0201 的封装 ) ，以更大限度地减小环路电感 )
3. 为使电容值处于 0.8 至 1.5  $\mu$ F 范围内所选电容器的额定电压，包括老化、温度和直流偏置效应
4. 所有 IO 电源轨都有一个有效的电源，无论使用何种以 IO 电源组为基准的 IO
5. 电源轨连接遵循 ROC
6. 每个 CAP\_VDDSn 引脚都需要一个相对于 VSS ( 接地 ) 连接的单独 1  $\mu$ F 电容器
7. 选择 1  $\Omega$  ESR 更小的 CAP\_VDDSn 电容器，将布线环路电感保持在 2.5nH 以下

#### 其他

1. 对于所有电源轨，请使用一个 0  $\Omega$  电阻器或跳线，以便在电源轨的输出端进行隔离或电流测量。
2. 当任何 VDDSHVx 电源轨均由 3.3V 电源供电时，所有以 IO 电源组 VDDSHVx 为基准的 IO 必须在 3.3V 电平下运行。如果 VDDSHVx 电源轨由 1.8V 电源供电，则所有以 IO 电源组 VDDSHVx 为基准的 IO 必须在 1.8V 电平下运行。
3. 一些接口涵盖多个 VDDSHVx IO 电源组，例如 MMC2 和 GPMC。使用其中一个接口时，所有支持特定接口的 VDDSHVx 域都需要共用相同的电压源。
4. 大多数处理器 IO 都没有失效防护功能。不允许或建议在相应 IO 电源域 (VDDSHVx) 关闭时向 IO 施加输入电压。
5. 验证每个 VDDSHVx ( 或 VDDSHV\_MCU ) 电源上的所有 IO 引脚仅支持一个电压电平。
6. 按照处理器特定 SK 的说明来实现铁氧体和电容器。
7. 不建议将 VDDSHV5 电源轨保持未连接状态。将电源引脚连接到 1.8V 或 3.3V，具体取决于您对 VDDSHV5 IO 组信号电压电平的偏好。

### 6.1.1.3 VPP 电源 ( 电子保险丝 ROM 编程 )

在电子保险丝编程期间，处理器 VPP ( 电子保险丝 ROM 编程电源 ) 必须保持在 ROC 范围内，是一项重要要求。建议使用由更高输入电压电源 ( 2.5V 或 3.3V ) 供电的 LDO，因为该 LDO 将能够通过其串联导通晶体管来补偿压降，并在高负载电流瞬态期间保持正确的工作电压。建议在处理器 VPP 引脚附近使用本地大容量电容器来支持 LDO 瞬态响应。

由于高负载电流瞬变以及 VPP 电源轨要匹配电源电压范围的要求，使用负载开关或 FET 从变化为  $\pm 5\%$  的电源轨为 VPP 供电可能会出现问题。负载开关或 FET 拓扑未考虑通过负载开关的压降。如果电路板设计人员使用变化较小的电源，则可以选择负载开关，以便确保电源变化加上通过负载开关的压降不会超过 VPP 的建议工作范围。

更多信息，请参阅 [\[常见问题解答\] AM625/AM623/AM625SIP/AM625-Q1/AM620-Q1 定制电路板硬件设计 - 有关 VPP 电子保险丝编程电源选择和应用的问题](#)。这是通用常见问题解答，也可用于 AM62A7 / AM62A3 / AM62A7-Q1 / AM62A3-Q1 和 AM62D-Q1 系列处理器。

#### 6.1.1.3.1 VPP 检查清单

##### 一般

检查并验证定制原理图设计的以下内容：

1. 上述部分，包括相关应用手册和常见问题解答链接
2. 引脚属性、信号说明和电气规范
3. 电气特性和其他可用信息
4. 实现板载电源或提供连接外部电源的配置
5. 建议使用 LDO (不允许或不建议使用 FET 开关或负载开关)
6. 所选板载 LDO 支持最小 400mA 电流，具有出色的负载电流瞬态响应和快速输出放电 (有源放电)
7. 提供所需的大容量电容器和旁路电容器 (遵循 SK 原理图)
8. 板载 LDO 具有通过处理器 IO 启用的配置
9. 连接外部电源后，在处理器板上靠近处理器 VPP 引脚处添加大容量电容器和去耦电容器配置，并提供一个 TP 以连接外部电源
10. 外部电源遵循数据表中建议的电源序列和压摆率要求
11. 外部电源时序由处理器 IO 控制
12. 在上电序列、断电序列和器件正常运行期间，使处理器 VPP 电源引脚悬空 (HiZ) 或接地

##### 原理图审阅

定制原理图设计请遵循以下列表：

1. 使用专用 LDO 或 PMIC 输出
2. 连接到 VPP 的标称电压为 1.8V，支持符合数据表要求的额定电流
3. 所选的 LDO 规格 (包括负载电流瞬态响应) 与 SK 原理图中使用的 LDO 类似
4. 处理器 IO 用于控制 LDO 的 EN，并提供所需的拉电阻
5. 验证 EN 拉电阻是否会在下电上电期间使 LDO 保持关断状态
6. 使用可调 LDO 时，请验证输出电压配置、输出压摆率和过压保护的使用
7. 该器件配有一个串联电阻，用于将处理器 VPP 电源与 LDO 隔离开，以测试时序或 LDO 输出
8. 电源轨连接遵循处理器 ROC

##### 其他

1. 始终在处理器板上提供配置来连接 VPP 电源 (板载或外部电源)。
2. 选择具有快速瞬态响应的 LDO，并将 LDO 输出连接到具有低环路电感路径的处理器 VPP 引脚，以提供高瞬态负载电流，其中 VPP 引脚绝不会降至最低工作电压以下。
3. 仅在电子保险丝编程期间启用 VPP。不允许、不建议也不支持将 VPP 电源连接到连续 1.8V 电源轨。
4. 由于电子保险丝编程期间的瞬态负载电流要求，不推荐使用负载开关或 FET 开关。负载开关或 FET 开关的压降可能太大，在使用 LDO 时无法进行补偿。
5. 如果用例需要使用负载开关或 FET 开关，请在编程期间测量处理器 VPP 引脚上的电压来表征电路板，并验证电源是否不会低于 ROC 最小限值。在使用负载开关或 FET 时，VPP 路径中的多个变量可能会导致电源超出 ROC，在实施之前无法进行表征。检查或测试负载开关或 FET 开关是否违反数据表中定义的最大 VPP 上电电压摆率限制 (每秒 6000V)。

#### 6.1.1.4 部分 IO 模式 (低功耗) 配置的电源连接



#### 6.1.1.4.1 使用部分 IO

建议将 VDD\_CANUART 和 VDDSHV\_CANUART 连接到常开型电源。

VDD\_CANUART 的工作电压为 0.75V 或 0.85V，正常运行期间与 VDD\_CORE 没有电压相关性。只有在加电和断电排序期间才存在电压相关性。

有关部分 IO 低功耗模式的实现，请参阅 [\[常见问题解答\] AM625/AM623/AM625SIP/AM625-Q1/AM620-Q1/AM62A7/AM62A3/AM62P/AM62P-Q1 定制电路板硬件设计 - 部分 IO LPM 支持](#)。常见问题解答是通用的，也可用于 AM62D-Q1 处理器系列。

#### 6.1.1.4.2 未使用部分 IO

将 VDD\_CANUART 连接到与 VDD\_CORE 相同的电源。将 VDDSHV\_CANUART 连接到任何有效的 IO 电源。

#### 6.1.1.4.3 电源时序数据表参考

请参阅处理器特定数据表的上电时序、断电时序和部分 IO 电源时序一节中与部分 IO 相关的注释。

#### 6.1.1.4.4 部分 IO 低模式检查清单

##### 一般

检查并验证定制原理图设计的以下内容：

1. 上述部分，包括相关应用手册和常见问题解答链接
2. 引脚属性、信号说明和电气规范
3. 在实现部分 IO 低功耗模式时，将 VDD\_CANUART 和 VDDSHV\_CANUART 连接到常开型电源
4. 将 VDDSHV\_CANUART 连接到有效的 IO 电源部分 IO 低功耗模式未实现
5. 未实现部分 IO 低功耗模式时，将 VDD\_CANUART 连接到与 VDD\_CORE、VDDA\_CORE\_CSIRX0、VDDA\_CORE\_USB 和 VDDA\_DDR\_PLL0 相同的电源
6. 当 VDD\_CANUART 连接到常开型电源时，向 VDD\_CORE 施加的电位切勿大于在上电或断电期间施加到 VDD\_CANUART + 0.18V 的电位。部分 IO 低功耗模式要求 VDD\_CANUART 在 VDD\_CORE 之前斜升并在 VDD\_CORE 之后斜降

##### 原理图审阅

定制原理图设计请遵循以下列表：

1. 在实现部分 IO 模式时，在其他处理器电源可用之前，VDDSHV\_CANUART 和 VDD\_CANUART 电源可用
2. 不使用部分 IO 模式时，VDDSHV\_CANUART 和 VDD\_CANUART 遵循建议的电源序列
3. 连接到 VDDSHV\_CANUART 和 VDD\_CANUART 的电压电平
4. 验证连接的电源轨是否遵循 ROC

##### 其他

1. 验证处理器 IO 与所连接器件（唤醒源）之间的 IO 级兼容性

#### 6.1.1.5 其他信息

对于初始 PCB 原型构建，建议放置与内核电源及其他电源轨一致的 0 Ω 电阻（分流器）或跳线。0 Ω 电阻器（分流器）或跳线的放置有助于在电路板启动和调试期间隔离电源或测量电流。分流电阻器用于测量 SK 中的电源轨电流。

验证添加 0 Ω 电阻器配置对定制电路板性能的影响。

#### 6.1.2 电源轨的电容器

##### 6.1.2.1 AM62A7 / AM62A3 / AM62A7-Q1 / AM62A3-Q1 和 AM62D-Q1

使用馈通（3 端子）电容器（在 SK-AM62A-LP 和 AUDIO-AM62D-EVM 电路板上使用）来优化所用电容器的数量。使用 3 端子电容器可更大限度地减少环路电感，并有助于优化处理器性能（主要是 DDR 性能）。



### 6.1.2.2 其他信息

#### 6.1.2.2.1 AM62A7 / AM62A3 / AM62A7-Q1 / AM62A3-Q1 和 AM62D-Q1

当不使用处理器外设 [摄像头串行接口 (CSIRX0)、DDR 子系统 (DDRSS0) 和 USB2.0 (USB0 和 USB1)] 时，与这些外设相关的电源 (内核、模拟) 有特定的连接要求。有关更多信息，请参阅处理器特定数据表的 [引脚连接要求](#) 一节。可以优化电源滤波器 (铁氧体) 和电容器 (大容量)。

#### 6.1.2.3 电源轨电容器检查清单

##### 一般

检查并验证定制原理图设计的以下内容：

1. 上述部分，包括相关应用手册和常见问题解答链接
2. 引脚属性、信号说明和电气规范
3. 使用低 ESL 电容器和用短布线连接的 3 端电容器来更大限度地减小电路板环路电感
4. 所用电容器的额定电压 (常用准则是最坏情况下施加电压的两倍)

##### 原理图审阅

定制原理图设计请遵循以下列表：

1. 将用于所有电源轨的电容器与 SK 原理图进行比较
2. 验证每个电源轨引脚都有一个去耦电容器，每个电源轨组都有一个大容量电容器

##### 其他

1. 电源去耦已足够。所有处理器电源轨都使用大容量和高频去耦电容器。最需要引起注意的关键电源域是低电压、高电流域 (VDD\_CORE、VDDR\_CORE)
2. 作为起点，建议遵循经过验证的 SK 去耦策略
3. 在不执行静态和动态 PDN 分析以验证是否满足 Reff、Cap LL 和阻抗目标的情况下，不建议采取偏差
4. 由于低电感封装和高性能，SK 在某些情况下使用 3 端电容器。请勿将 SK 原理图中的 3 端电容器连接错误地作为直列式或滤波器元件实现
5. 显示了电容器靠近相关引脚的连接，以便于放置和布线

### 6.1.3 处理器时钟

#### 6.1.3.1 时钟输入

##### 6.1.3.1.1 高频振荡器 (MCU\_OSC0\_XI/MCU\_OSC0\_XO)

为确保处理器正常运行，请选择晶体时钟源或 1.8V LVCMOS 方波数字时钟源。

连接到内部高频振荡器 (MCU\_HFOSC0) 的 25MHz 外部晶体是内部基准时钟 HFOSC0\_CLKOUT 的时钟源。

用于实现晶体振荡器电路的分立式元件尽可能靠近 MCU\_OSC0\_XI 和 MCU\_OSC0\_XO 引脚放置。对于晶体，在选择负载电容器时，请遵循处理器特定数据表的 [MCU\\_OSC0 晶体电路要求表](#)。

使用 1.8V LVCMOS 方波数字时钟源时，应根据处理器特定数据表建议连接处理器 XO 引脚。

有关时钟选择的信息，请参阅 [\[常见问题解答\] AM625、AM623/AM625SIP、AM625-Q1、AM620-Q1 定制电路板硬件设计 - 晶体选型相关问题](#)。这是通用常见问题解答，也可用于 AM62A7 / AM62A3 / AM62A7-Q1 / AM62A3-Q1 和 AM62D-Q1 系列处理器。

请参阅 [\[常见问题解答\] AM625/AM623/AM625SIP/AM625-Q1/AM620-Q1 定制电路板硬件设计 - 有关 MCU\\_OSC0 启动时间的问题](#)。这是通用常见问题解答，也可用于 AM62A7 / AM62A3 / AM62A7-Q1 / AM62A3-Q1 和 AM62D-Q1 系列处理器。

## 备注

25MHz 是当前唯一支持的晶体频率。有关晶体参数的更多详细信息，请参阅处理器特定的数据表。

数据表的下一个版本在 *MCU\_OSC0 LVCMOS 数字时钟源* 部分包含了 LVCMOS 时钟要求。请参阅应用手册的第 3.1 节 *数据表用例和版本参考*。

### 6.1.3.1.2 低频振荡器 (WKUP\_LFOSC0\_XI/WKUP\_LFOSC0\_XO)

WKUP\_LFOSC0 的用例有限，是可选的。根据用例，选择 32.768kHz 晶体作为时钟源或 1.8V LVCMOS 方波数字时钟源。

有关更多信息，请参阅 [\[常见问题解答\] AM625 : LFOSC 在器件中的使用](#)。这是通用常见问题解答，也可用于 AM62A7 / AM62A3 / AM62A7-Q1 / AM62A3-Q1 和 AM62D-Q1 系列处理器。

用于实现振荡器电路的分立式元件尽可能靠近 WKUP\_LFOSC0\_XI 和 WKUP\_LFOSC0\_XO 引脚放置。对于晶振，所选的负载电容必须处于处理器特定数据表的 *WKUP\_LFOSC0 晶振电气特性* 表中建议的范围内。

如果未使用 WKUP\_LFOSC0\_XI / WKUP\_LFOSC0\_XO，建议将 XI 直接连接到 VSS，并使 XO 保持未连接状态。

有关连接未使用的 WKUP\_LFOSC0 的有关更多信息，请参阅处理器特定数据表的 *未使用 WKUP\_LFOSC0* 一节。

### 6.1.3.1.3 EXT\_REFCLK1 (主域的外部时钟输入)

EXT\_REFCLK1 引脚通过布线连接至时钟多路复用器，作为计时器模块 (DMTIMER/WDT)、安全子系统中的 DMTIMER (SMS)、MCAN 和 CPTS (时间戳模块) 的可选输入时钟源。EXT\_REFCLK1 适用于应用需要将特定时钟频率馈送到计时器模块的情况。一个应用示例是时间同步或由于时钟质量原因。

当 EXT\_REFCLK1 用作时钟源时，根据外部时钟的可用性，需要下拉电阻。

### 6.1.3.1.4 其他信息

MCU\_OSC0\_XI/MCU\_OSC0\_XO 有特定的布线要求。请参阅器件特定数据表中的 *时钟布线指南* 一节。

### 6.1.3.1.5 时钟输入检查清单 - MCU\_OSC0

#### 一般

检查并验证定制原理图设计的以下内容：

1. 上述部分，包括相关应用手册和常见问题解答链接
2. 引脚属性、信号说明和电气规范
3. 电气特性、时序参数和任何其他可用信息
4. 选择处理器时钟输入源、晶体或振荡器
5. 25MHz 是当前支持的时钟输入频率，有关支持的时钟输入频率，请参阅处理器特定数据表
6. 晶体负载电容器选型与数据表建议
7. MCU\_OSC0 的 PCB 电容包含在晶体负载电容值的计算中
8. 使用振荡器时，在振荡器电源引脚附近添加一个去耦电容器和大容量电容器

#### 原理图审阅

定制原理图设计请遵循以下内容：

1. 必须连接 25MHz MCU\_OSC0 时钟
2. 晶体电路连接 (MCU\_OSC0) 符合数据表中的建议
3. 无需串联或并联电阻即可直接连接晶体
4. 选择晶振负载和负载电容 (包括大约 4pF 的电路板电容)
5. 建议负载电容器是晶体负载的两倍，包括板电容
6. 使用外部振荡器时 XO 的连接，将 XO 接地

## 其他

1. 有关时钟布线指南，请参阅数据表的 *应用、实施和布局* 部分。
2. 选择晶体和负载电容器，使负载电容器值可以为标准值。
3. 将 25MHz 晶体直接连接到处理器 XI 和 XO 引脚，不建议串联或并联电阻。内部振荡器实现自动增益控制 (AGC) 以进行振幅控制。
4. 已通过 25MHz 时钟源验证处理器，25MHz 是当前唯一支持的频率。
5. 数据表显示，MCU\_OSC0 不会在内核电压斜坡之前启动，因为在某些情况下，振荡器可能不会启动，直到 VDD\_CORE 斜坡。大多数情况下，振荡器会在 VDDS\_OSC0 斜升时启动，但并不是每次振荡器都会在 VDDS\_OSC0 电压斜升时启动。数据表中的振荡器启动图显示了最大启动时间，其中包括基于 VDD\_CORE 有效的延迟情况。
6. 无需更改 HFOSC0 寄存器。寄存器保持默认状态。
7. 请参阅处理器特定数据表，以选择晶体电路元件。

### 6.1.3.1.6 时钟输入检查清单 - WKUP\_LFOSC0

#### 一般

检查并验证定制原理图设计的以下内容：

1. 上述部分，包括相关应用手册和常见问题解答链接
2. 引脚属性、信号说明和电气规范
3. 电气特性、时序参数和任何其他可用信息
4. 选择 WKUP 时钟输入源 - 晶振或振荡器
5. 32.768kHz 是支持的 WKUP 时钟输入频率。有关支持的时钟输入频率，请参阅处理器特定数据表
6. 晶体负载选型与数据表建议
7. 负载电容器选型与数据表中的建议
8. WKUP\_LFOSC0 的用例有限，当不使用时钟选项时，提供将 XI 输入接地的配置

#### 原理图审阅

定制原理图设计请遵循以下内容：

1. 时钟电路 (WKUP\_LFOSC0) 的连接符合数据表中的建议
2. 选择晶体负载和负载电容，负载电容是晶体负载的两倍
3. 使用外部振荡器 (XO 接地) 时的时钟电路连接
4. 未使用 WKUP\_LFOSC0 (XI 接地) 时的 XI 输入连接

#### 其他

1. 晶体负载电容与 LFOSC0 寄存器。用户更改的唯一 LFOSC0 寄存器位是 BP\_C、PD\_C 和 CTRLMMR\_WKUP\_LFXOSC\_TRIM[18:16]，其中 PD\_C 复位 (0) 以启用振荡器，并且仅设置 (1) BP\_C 位以在使用 LVCMOS 时钟源时将振荡器置于旁路模式。CTRLMMR\_WKUP\_LFXOSC\_TRIM[18:16] 位是根据施加到晶体上的实际电容负载设置的，由 *负载电容公式* 定义。
2. 有关预量产 PCB 和量产 PCB 期间的建议电路配置，请参阅处理器数据表

### 6.1.3.2 时钟输出

名为 CLKOUT0 和 WKUP\_CLKOUT0 的处理器 IO (引脚) 可配置为时钟输出。时钟输出可用作附加器件 (外部外设)。

WKUP\_CLKOUT0 是高频振荡器 (HFOSC0) 的缓冲输出，在复位后可用作 AM62Ax 和 AM62Dx 处理器系列的默认配置。

#### 6.1.3.2.1 时钟输出检查清单

#### 一般

检查并验证定制原理图设计的以下内容：

1. 上述部分，包括相关应用手册和常见问题解答链接
2. 引脚属性、信号说明和电气规范
3. 在复位后，WKUP\_CLKOUT0、25MHz 输出连接在输出端可用

## 原理图审阅

定制原理图设计请遵循以下列表：

1. 将时钟输出连接到单个或多个负载。当连接到多个输入（负载）时，建议通过缓冲器连接每个输入
2. 在所连接器件时钟输入附近提供所需的拉电阻

## 其他

1. CLKOUT0：EXT\_REFCLK1 用作 CLKOUT0。始终点对点连接时钟信号，不使用任何分支。将 CLKOUT0 连接到多个时钟输入时，请使用具有一个输入和多个输出的缓冲器

### 6.1.4 处理器复位

#### 6.1.4.1 外部复位输入

MCU\_PORz 是处理器的外部 MCU 域和主域冷复位输入。建议在电源斜坡和振荡器启动期间将 MCU\_PORz 拉至低电平。请遵循处理器特定数据表的上电时序图中建议的 MCU\_PORz 时序。

对于 MCU\_PORz（3.3V 容差、失效防护输入），施加 3.3V 输入。输入阈值是 1.8V IO 电源电压 (VDD5\_OSC0) 的函数。

未连接有效的 MCU\_PORz 可能会导致不可预测的随机行为。由于器件没有进行有效复位，因此内部电路处于随机状态。缓慢上升复位信号会导致处理器复位电路内部出现故障。使用快速上升时间分立式推挽输出作为 MCU\_PORz 输入，并添加低电容值 (22pF) 滤波器配置。

使用 PMIC 时，将推挽输出型逻辑门或分立式缓冲器（具有快速上升时间）的输出连接为 MCU\_PORz 输入，而不是缓慢上升开漏输出（可能在内部出现干扰）。

建议在 MCU\_PORz 输入端连接滤波电容器。电容器值和安装取决于用例。验证电容值是否不会因慢速斜坡而导致 LVCMOS 输入违反压摆率要求或在内部产生干扰。

#### MCU\_RESETz 使用说明

请参阅器件勘误表公告 *i2407- RESET*。MCU\_RESETz 置位为低电平时 MCU\_RESETSTATz 不可靠。

根据处理器特定数据表的 *引脚连接要求* 一节的说明，连接外部热复位输入 MCU\_RESETz 和 RESET\_REQz。热复位输入（LVCMOS 输入）有输入压摆率要求。由于输入斜坡较慢，因此不建议直接在输入端连接电容器。建议使用基于施密特触发的去抖电路。有关实现去抖逻辑的信息，请参阅处理器特定 SK 原理图。

#### 6.1.4.2 复位状态输出

PORz\_OUT 是主域 POR（冷复位）状态输出，RESETSTATz 是主域热复位状态输出，MCU\_RESETSTATz 是 MCU 域热复位状态输出。

当复位状态输出 PORz\_OUT、MCU\_RESETSTATz 和 RESETSTATz 用于驱动所连接器件的复位输入 (/reset) 时，建议使用下拉电阻使复位状态输出在上电期间使所连接器件的复位生效（保持所连接器件处于复位状态）。

#### 备注

在所连接器件均不具有内部上拉电阻的情况下，外部下拉电阻器将复位输入保持在低电平。如果所连接器件具有内部上拉电阻，则复位信号会被拉至 1/2 Vs 电压。验证具体用例并在复位状态输出上添加下拉电阻。

RESETSTATz 用于通过复位功能（eMMC、OSPI 或 EPHY）或 SD 卡电源开关来复位板载存储器或外设。PORz\_OUT 还用于在上电期间锁存硬件搭接配置，包括锁存以太网 PHY 引脚搭接配置。



在不使用时将复位状态输出连接到测试点以进行测试或将来增强。此外，还提供一个下拉电阻，可以是 DNI。

### 备注

MCU\_RESETz 和 MCU\_RESETSTATz 有特定的用例建议。请参阅器件特定勘误表的公告 i2407。

#### 6.1.4.3 其他信息

用于配置处理器引导的 BOOTMODE00..15 输入需要保持在已知状态，以便选择器件特定 TRM 中定义的合适引导模式配置，直至 PORz\_OUT 的上升沿期间锁存引导模式配置。

#### 6.1.4.4 处理器复位输入检查清单

##### 一般

检查并验证定制原理图设计的以下内容：

1. 上述部分，包括相关应用手册和常见问题解答链接
2. 引脚属性、信号说明和电气规范
3. 电气特性、时序参数和任何其他可用信息
4. 当处理器电源斜升或斜降时，复位信号被置为有效（低电平）
5. MCU\_PORz POR 输入可耐受 3.3V 电压且具有失效防护功能。阈值遵循 VDDSHV0 电平
6. MCU 和 MAIN 域的热复位级别 RESET\_REQz (VDDSHV0)、MCU\_RESETz (VDDSHV\_MCU) 与 IO 电源组电源（1.8V 或 3.3V）匹配
7. 复位输入遵循压摆率要求（FS RESET、LVCMOS）
8. 集电极开路输出直接连接（建议通过分立式推挽输出缓冲器进行连接）到复位输入时的输入压摆率
9. 使用非 TI 时，应遵循复位要求，包括压摆率和 POR 保持时间

##### 原理图审阅

定制原理图设计请遵循以下列表：

1. 考虑了冷复位和热复位输入信号压摆率要求
2. 根据数据表要求提供所有电源斜坡后，冷复位输入 (MCU\_PORz) 取消置位保持时间（MCU\_PORz 输入，最小值 9.5ms）
3. 在复位输入的输入端提供滤波电容器（添加 22pF（用于占位器件的近似值）电容器作为滤波器选项和 DNI）
4. 未根据引脚连接要求使用时复位输入的连接
5. 通过去抖电路连接按钮热复位输入（基于施密特触发缓冲器）

##### 其他

1. 当 PMIC\_POWERGOOD（开漏）连接到 MCU\_PORz 时，MCU\_PORz 输入具有最大上升和下降时间要求。调整上拉电阻器，更大幅度地缩短上升时间 (<200ns)。
2. MCU\_PORz 具有失效防护功能且可耐受 3.3V。
3. 将分立式推挽输出缓冲器的输出（具有快速上升时间）连接为 MCU\_PORz 输入，而不是缓慢上升开漏输出。
4. 未连接有效的 MCU\_PORz 会导致不可预测的随机行为，因为器件未获得有效复位，因此内部电路处于随机状态。缓慢上升复位信号会导致处理器复位电路内部出现故障。
5. LVCMOS 输入具有压摆率要求。建议为连接到处理器热复位输入的慢速斜坡按钮 RC 使用施密特触发电路。建议在使用按钮或 RC 复位时使用施密特触发电路。
6. 为靠近复位信号添加的手动复位输入提供外部 ESD 保护。
7. 连接到外部复位输入信号时的失效防护运行情况。在电源斜坡之前施加外部输入会导致馈电并影响处理器性能。
8. 已查看 MCU\_RESETz 相关勘误表。

#### 6.1.4.5 处理器复位状态输出检查清单

##### 一般

检查并验证定制原理图设计的以下内容：



1. 上述部分，包括相关应用手册和常见问题解答链接
2. 引脚属性、信号说明和电气规范
3. 电气特性、时序参数和任何其他可用信息
4. PORz\_OUT 用作输入，以在复位期间锁存处理器引导模式配置或所连接器件配置 (strap)
5. RESETSTATz 输出用于复位当处理器进行任何类型的全局复位（冷或热）时需要复位的所有所连接器件
6. 处理器复位状态输出和所连接器件复位输入之间的 IO 级兼容性（可能会导致影响性能的残余电压）
7. 加载复位状态输出（直接连接到输出的电容器大于 22pF（用于占位器件的近似值））
8. 已查看 MCU\_RESETSTATz 相关勘误表

## 原理图审阅

定制原理图设计请遵循以下列表：

1. RESETSTATz、MCU\_RESETSTATz 和 PORz\_OUT 具有下拉功能，可在电源斜升和复位期间将所连接器件保持在复位状态
2. 将电容器直接连接到靠近所连接器件复位输入的复位输出端（连接约为 22pF 的滤波电容器）。执行仿真以使用值更高的电容器

## 其他

1. 当连接到载板时，为复位状态输出提供外部 ESD 保护

### 6.1.5 引导模式的配置（针对处理器）

引导模式输入不具有在处理器上电或复位期间激活的内部上拉或下拉电阻。建议连接外部上拉或下拉电阻以设置所需的引导模式。

如果使用 DIP 开关，建议使用 470 Ω（上拉电阻）和 47 Ω（下拉电阻）的电阻分压比来提高噪声性能。

当仅使用电阻配置引导模式时，标准电阻（上拉或下拉的值相同）值。建议使用 10k Ω 或类似示例，因为使用了上拉或下拉。

建议将上拉或下拉电阻连接到标记为“保留”或未使用的引导模式引脚。

对于 AM62Ax 和 AM62Dx 处理器系列，BOOTMODE 14 和 BOOTMODE 15 引脚为保留引脚。

为实现调试、设计灵活性和未来增强功能，为所有具有配置功能的引导模式引脚添加上拉和下拉电阻配置。为每个引导模式引脚安装上拉或下拉电阻。不建议也不允许将引导模式引脚直接接地或连接到 IO 电源轨，因为 IO 具有备用配置，可能会被软件有意或无意地配置为输出。

引导模式输入引脚不具有失效防护功能，当通过外部输入或基板驱动引导模式配置时，需要考虑这一点。

根据应用要求，可以使用仅在断言复位 (MCU\_PORz)（低电平）时才驱动的缓冲器来向处理器提供引导配置。

如果在正常运行期间将引导模式引脚配置为输出，建议在缓冲器的输出端使用串联电阻（约 1k Ω）。如需实现的更多信息，请参阅处理器特定 SK。

#### 6.1.5.1 处理器引导模式输入隔离缓冲器用例和优化

在 SK 中，引导模式引脚 BOOTMODE [15:00] 通过两个隔离缓冲器置为有效。当处理器锁存引导模式信号（在 PORz\_OUT 上升沿附近）时，缓冲器可确保 SYSBOOT 拉电阻（使用电阻配置的引导模式）控制信号电平。由于引导模式信号用于处理器上电之后的其他功能并连接到附加器件，因此将引导模式配置电阻与所连接的其他外设隔离，以便这些外设不会与预期的引导模式配置（信号电平）相冲突。

仅当 PORz\_OUT 由处理器驱动为低电平时，才会启用缓冲器。PORz\_OUT 置位后，缓冲器输出为高阻态，因此信号不会被引导模式电阻拉动或影响。

为了优化设计（包括 BOM），请根据用例优化或删除缓冲器。可选择引导模式拉电阻值，使这些电阻不会影响附加器件的运行。

### 6.1.5.2 引导模式选择

如需配置处理器引导模式，请参阅器件特定 TRM 的 *初始化* 一章中的 *ROM 代码引导模式表*。

#### 6.1.5.2.1 USB 引导模式注意事项

USB0 接口支持 USB DFU 引导模式。当 USB0 配置为器件固件升级 (DFU) 引导模式时。不建议将永久或开关式 3.3V 电源直接连接到 USB0\_VBUS 引脚。由于在没有电阻分压器的情况下连接电源会违反失效防护运行，因此不建议将永久电源 (等于分压器值) 连接到 USB0\_VBUS 引脚。

根据处理器特定数据表中的建议，建议通过 USB 连接器连接的主机的 5V 电源 (开关式) 通过电阻分压器连接到处理器 USB0\_VBUS 引脚。如果定制电路板设计中的 VBUS 电势不会高于 5.5V，且电源为板载电源，则可删除齐纳二极管，将两个电阻合并为一个 20k $\Omega$  电阻，用于 *USB VBUS 检测分压器*、*钳位电路*。

#### 6.1.5.3 引导模式实现方法

下面的常见问题解答介绍了使用和未使用引导模式缓冲器时的引导模式实现方法。

[\[常见问题解答\] AM625/AM623/AM644x/AM243x/AM62A/AM62P - 有缓冲器的引导模式实现](#)

[\[常见问题解答\] AM625/AM623/AM644x/AM243x/AM62A/AM62P - 无缓冲器的引导模式实现](#)

上述常见问题解答是通用的，也可用于 AM62D-Q1 处理器系列。

#### 6.1.5.4 其他信息

当外部输入驱动引导模式配置时，在处理器 POR (冷复位) 期间稳定引导模式配置输入。

使用以太网引导和简化千兆位媒体独立接口 (RGMII) 时，在设计中实施一个 EPHY，在 EPHY RX 数据路径上启动 RGMII\_ID 模式并在 TDn 数据路径上禁用 RGMII\_ID 模式 (处理器在 TDn 输出上实现 RGMII\_ID)。处理器 ROM 不会以编程方式在连接的 EPHY 上启用或禁用 RGMII\_ID 模式。通常，RGMII\_ID 是通过 EPHY 上的引脚搭接实现的。

应选择一个能够通过引脚搭接来设置 RGMII 内部延迟的 EPHY，请参阅处理器特定 SK。有关更多信息，请参阅器件特定勘误表的公告文章 *i2329 MDIO：处理器特定器件勘误表的 MDIO 接口损坏 (CPSW 和 PRU-ICSS)*。

#### 6.1.5.5 引导模式的配置 (针对处理器) 检查清单

##### 一般

检查并验证定制原理图设计的以下内容：

1. 上述部分，包括相关应用手册和常见问题解答链接
2. 引脚属性、信号说明和电气规范
3. 电气特性以及任何其他可用信息
4. 所有引导模式引脚都具有外部拉电阻器或电路，用于驱动所需的引导模式。不允许或建议将任何引导模式输入保持未连接状态
5. 不建议将引导模式输入直接连接到电源或 VSS。不建议将多个引导模式输入短接在一起并连接一个公共电阻器。(用户可能遇到固件配置问题，即用作输入的 LVCMOS GPIO 被错误地配置为输出，驱动逻辑高电平信号，而不是保持高阻抗状态。) 引导模式输出使用电阻分压器或根据 SK 实现通过缓冲器连接到处理器
6. 使用 DIP 开关或电阻器的引导模式配置。当仅使用电阻器时，电阻分压器是可选的。可以使用上拉或下拉电阻
7. IO 兼容性 (以 VDDSHV3 为基准的 1.8V 或 3.3V，引导模式输入不具有失效防护)
8. 在冷复位状态输出被拉高之前，引导模式输入保持稳定
9. 引导模式引脚通过 0 $\Omega$  连接到替代功能，用于隔离或测试

##### 原理图审阅

定制原理图设计请遵循以下列表：

1. 不将 DIP 开关用于引导模式配置时，请使用常见的电阻值 (10k $\Omega$  或类似值)
2. 使用 DIP 开关来配置引导时，请使用 470 $\Omega$  和 47k $\Omega$  电阻器

3. 当使用缓冲器实现引导模式或由外部控制信号驱动时，串联电阻器  $1k\Omega$  用于缓冲器的输出
4. PLL 时钟、主引导和次级引导的引导模式配置

### 其他

1. BOOTMODE 引脚不具有在电源复位期间激活的内部上拉或下拉电阻。
2. 对于早期的设计，建议 PD 根据所需的引导模式，将所有引导模式引脚引出至一个具有爆音和无爆音选项的可选 PU/PD 对。有关完整引导模式定义，请参阅处理器特定 TRM。
3. 在上电复位释放时锁存引导值。如果在运行期间重新定义引导模式引脚用于其他目的，则必须释放引导模式引脚/将其设置回适当的电平，以便在器件进入上电复位状态时选择引导模式。如果信号由外部外设驱动，引导模式引脚配置尤其值得关注。
4. 添加外部 ESD 保护，以防在不受控制的环境中设置引导模式开关。
5. 引导模式输入不具有失效防护功能。在处理器 IO 电源斜升之前，不得施加任何输入。在电源斜坡之前施加外部输入会导致馈电并影响处理器性能。
6. 引导模式缓冲器是可选的。
7. 使用缓冲器或逻辑门配置引导模式时，请验证所用器件是否具有 OE (输出使能特性)。

## 6.2 使用 JTAG 和 EMU 进行电路板调试

### 6.2.1 使用 JTAG 和 EMU

建议根据处理器特定数据表的 *引脚连接要求* 一节的说明连接 JTAG (TDI、TCK、TMS 和 TRSTn) 和 EMU (EMU0 和 EMU1) 信号。

或者，在 TDO (靠近处理器) 信号上连接串联电阻 ( $22\Omega$ )，以匹配缓冲器阻抗。当信号连接到外部连接器时，建议为所有 JTAG 和 EMU 信号添加外部 ESD 保护。EMU 0/1 信号支持冷复位 (MCU\_PORz) 后的引导顺序调试。

TDO 的上拉为可选项，取决于所使用的调试器。

请参阅处理器特定 TRM 的 *片上调试* 一章。

有关更多信息，请参阅以下常见问题解答：

[\[常见问题解答\] AM625 / AM623 / AM625SIP / AM625-Q1 / AM620-Q1 / AM62A7 / AM62A3 / AM62P / AM62P-Q1 / AM6442 / AM2432 定制电路板硬件设计 - JTAG](#)

[\[常见问题解答\] AM625 : JTAG 下拉/上拉](#)

上述常见问题解答是通用的，也可用于 AM62D-Q1 处理器系列。

### 6.2.2 未使用 JTAG 和 EMU

如需连接 JTAG 和 EMU 信号，请参阅处理器特定数据表的 *引脚连接要求* 一节。

在定制电路板设计期间，为支持早期原型调试，TI 建议至少配置一个连接到测试点的最小 JTAG 端口 (包括 EMU0/1) 或配置一个接头封装。JTAG 元件在电路板的量产版本中可以是 DNI 状态。此外，还需提供相应配置，以便根据 *引脚连接要求* 一节添加建议拉电阻以及外部 ESD 保护。

### 6.2.3 其他信息

当 JTAG 接口连接到不止一个附加器件时，建议对时钟和信号进行缓冲。即使对于单个器件的实现，也建议进行时钟缓冲。有关实现的信息，请参阅器件特定 SK。

如果使用跟踪操作，请将 TRC\_DATAn 信号直接连接到仿真连接器。所有 TRC\_DATAn 信号都与其他信号进行引脚多路复用。使用跟踪功能或 GPMC 接口。TRC\_DATAn 信号的短连接和偏差匹配连接 (电路板引线) 用于跟踪功能。跟踪信号位于 VDDSHV3 双电压 IO 组上，并且可能具有与其他 JTAG 信号不同的电源电压。更多有关 TRC/EMU 设计和布局的建议，请参阅 [仿真和跟踪接头技术参考手册](#)。XDS 目标连接指南中提供了摘要。

如果使用边界扫描，请将 EMU0 和 EMU1 引脚直接连接到 JTAG 连接器。

要确保 JTAG 接口的正确实施，请参阅 [仿真和跟踪接头技术参考手册](#) 和 [XDS 目标连接指南](#)。

## 6.2.4 使用 JTAG 和 EMU 检查清单进行电路板调试

### 一般

检查并验证定制原理图设计的以下内容：

1. 上述部分，包括相关应用手册和常见问题解答链接
2. 引脚属性、信号说明和电气规范
3. 电气特性、时序参数和任何其他可用信息
4. JTAG 信号 IO 兼容性 ( IO 电源以 VDDSHV\_MCU 为基准 )
5. 所需上拉电阻靠近处理器 JTAG 信号的连接符合引脚连接要求

### 原理图审阅

定制原理图设计请遵循以下列表：

1. 将电源电压连接到 JTAG 连接器 ( 包括滤波电容器 ) ( 连接到 VDDSHV\_MCU 的电压源 )
2. 上拉和下拉值 ( 使用 47k $\Omega$  或 10k $\Omega$  )

### 其他

1. TI 建议所有定制电路板设计至少包含与测试点或接头的最低 JTAG 端口连接，以实现早期原型调试。最低连接为 TCK、TMS、TDI、TDO 和 TRSTn。如果需要，请在电路板的量产版本中删除 JTAG 布线和元件封装 ( TRSTn 上的下拉电阻以及 TMS 和 TCK 上的上拉电阻除外 )。
2. 建议配置 EMU0 和 EMU1 信号。
3. 如果需要跟踪操作，必须将 TRC\_DATAn 信号连接到仿真连接器。所有 TRC\_DATAn 信号都与其他信号进行引脚多路复用。如果需要布线连接，请勿在引脚上使用其他多路复用接口。为 TRC\_DATAn 信号使用尽可能短的布线。跟踪信号位于单独的电源域上，并且可能具有与其他 JTAG 信号不同的电压。
4. 提供外部 ESD 保护。使用 JTAG 接口时组装。
5. 验证连接到外部信号时的失效防护运行情况。在电源斜坡之前施加外部输入会导致馈电并影响处理器性能。

## 7 处理器外设

### 7.1 IO 组的电源连接

#### 7.1.1 AM62A7 / AM62A3 / AM62A7-Q1 / AM62A3-Q1 和 AM62D-Q1

每个双电压 IO 组 ( VDDSHVx [x=0-6]、VDDSHV\_MCU 和 VDDSHV\_CANUART ) 为一组固定的 IO ( 外设 ) 供电。将 3.3V 或 1.8V 电源电压连接到每个双电压 IO 组。

VDDSHV4、VDDSHV5 和 VDDSHV6 旨在支持上电、下电或不依赖于其他电源轨的动态电压变化。支持 UHS-I SD 卡所必需的动态电压功能。

为 IO 电源组实现了 SDIO 或 LVCMOS 类型 IO 缓冲器。IO 电源要求取决于 IO 缓冲器类型。

#### 7.1.2 IO 组的电源连接检查清单

### 一般

检查并验证定制原理图设计的以下内容：

1. 上述部分，包括相关应用手册和常见问题解答链接
2. 引脚连接要求、引脚属性和信号说明
3. 电气特性中引用的标准包括建议的运行条件和任何其他可用信息
4. 实现的 IO 缓冲器类型和允许的电源配置 ( LVCMOS 固定 (1.8V/3.3V) 或 SDIO 动态电压开关 )
5. 将有效电源连接到所有 IO 电源组 ( VDDSHVx、VDDSHV\_MCU 和 VDDSHV\_CANUART )
6. IO 电源时序控制
7. 3.3V IO 电源连接



## 8. 基于所选存储器连接处理器 DDRSS IO 电源 ( PHY IO 和时钟 IO )

### 原理图审阅

定制原理图设计请遵循以下列表：

1. 以接口信号为基准的所连接器件 IO 电源和 IO 电源组 ( IO 电源轨 ) 连接到同一电源
2. 上拉电阻连接到与处理器 IO 电源组 VDDSHVx 和所连接器件相连的同一电源轨
3. 不建议将连接到 PMIC 输入端的 3.3V 电源直接连接到 IO 电源组 ( 处理器 IO 电源 VDDSHVx ) ，因为如果 PMIC 未启动并生成其他处理器电源轨，IO 电源将在未定义的时间内可用。

### 其他

1. 请注意基于使用的 IO 电源轨电压电平的电源时序要求
2. 某些特定 IO 电源组 ( 基于处理器系列的 VDDSHV4、VDDSHV5 和 VDDSHV6 ) 支持动态电压调节
3. 不允许也不建议以 LVCMOS IO 缓冲器为基准的 IO 组电源动态调节 ( VDDSHV0-3、VDDSHV\_MCU、VDDSHV\_CANUART )

## 7.2 存储器接口 ( DDRSS (DDR4/LPDDR4)、MMCSD (eMMC/SD/SDIO)、OSPI/QSPI 和 GPMC )

### 7.2.1 DDR 子系统 (DDRSS)

请参阅以下常见问题解答：

[\[常见问题解答\] AM625/AM623/AM62A/AM62P 定制电路板硬件设计的设计建议/常见错误 - DDR4/LPDDR4 存储器接口](#)

上述常见问题解答是通用的，也可用于 AM62D-Q1 处理器系列。

#### 7.2.1.1 DDR4 SDRAM ( 双倍数据速率 4 同步动态随机存取存储器 )

##### 7.2.1.1.1 AM62A7 / AM62A3 / AM62A7-Q1 / AM62A3-Q1 和 AM62D-Q1

当前不受支持。

#### 7.2.1.2 LPDDR4 SDRAM ( 低功耗双倍数据速率 4 同步动态随机存取存储器 )

##### 7.2.1.2.1 AM62A7 / AM62A3 / AM62A7-Q1 / AM62A3-Q1 和 AM62D-Q1

有关实现指南和布线拓扑，请参阅 [AM62Ax](#)、[AM62Px](#)、[AM62Dx LPDDR4 电路板设计和布局布线指南](#)。

##### 7.2.1.2.1.1 存储器接口配置

允许的存储器配置为  $1 \times 32$  位或  $1 \times 16$  位。

$1 \times 8$  位存储器配置不是有效配置。

##### 7.2.1.2.1.2 布线拓扑和端接

使用 32 位单列和双列 LPDDR4 时，地址、CKE 和 CK 信号布线遵循平衡 T 拓扑。

使用 16 位单列 LPDDR4 时，遵循点对点拓扑。根据 [AM62Ax](#)、[AM62Px](#)、[AM62Dx LPDDR4 电路板设计和布局布线指南](#) 建议，连接未使用的数据选通引脚 ( DDR0\_DQS2-3 和 DQS2-3\_n )。

LPDDR4 的数据信号连接拓扑结构是点对点的，分为不同的字节通道。

VTT 端接不适用于 LPDDR4。地址和控制信号所需的端接由内部 ( 片上 ) 处理。

##### 7.2.1.2.1.3 用于控制和校准的电阻

为 DDR0\_RESET0\_n (LPDDR4\_RESET\_N) 连接下拉电阻 ( 靠近存储器 (LPDDR4) 器件 )。

为 DDR0\_CAL0 连接推荐电阻 ( 靠近处理器 )、为 ODT\_CA\_A-B 连接推荐电阻 ( 靠近存储器 (LPDDR4) 器件 ) 并为 ZQn (n=0-1) 连接推荐电阻 ( 靠近存储器 (LPDDR4) 器件 )。



#### 7.2.1.2.1.4 电源轨的电容器

验证是否为处理器 DDR 电源轨和存储器 (LPDDR4) 器件电源轨提供了足够的大容量电容器和去耦电容器。

如果没有可用的建议，请遵循处理器特定 SK 实现。

#### 7.2.1.2.1.5 数据位或字节交换

在定制电路板设计过程中，如果需要进行位交换，则允许在数据字节内进行位交换，以及在某些限制条件下进行跨字节交换。不支持地址位和控制位交换。

有关更多信息，请参阅 [AM62Ax](#)、[AM62Px](#)、[AM62Dx LPDDR4 电路板设计和布局布线指南](#) 的通道、字节和位交换一节。

建议根据位交换的变化更新原理图，以供今后参考或重复使用。

#### 7.2.1.2.1.6 LPDDR4 实现检查清单

##### 一般

检查并验证定制原理图设计的以下内容：

1. 上述部分，包括相关应用手册和常见问题解答链接
2. 引脚属性、信号说明和电气规范
3. 电气特性、时序参数和任何其他可用信息
4. 地址、时钟、控制和数据信号连接 - 请遵循处理器特定的 DDR 设计指南
5. DDR0\_CAL0、DDRSS IO 焊盘校准电阻 ( 240 Ω、1% ) 连接到 VSS
6. ZQ0-1、存储器器件 IO 校准电阻 ( 240 Ω、1% ) 连接到 VDD\_LPDDR4
7. 通过电阻器 ( 2.2k Ω 或类似器件，与 DDRSS 无连接 ) 上拉的存储器器件 ODT
8. 连接片选 CSn0-1
9. 对于 LPDDR4，x 16 和 x 32 是支持的数据总线宽度
10. 将 DDRSS RESETn 信号直接连接到 LPDDR4\_RESET\_N 存储器复位输入。要在上电初始化期间将信号设置为低电平，请添加一个下拉电阻 (10k Ω) 并将其放置在存储器器件附近
11. 将 DDRSS 连接到 16 位和 32 位存储器器件 - 请参阅 DDR 设计指南
12. 根据 DDR 设计指南端接未使用的 DDRSS 接口信号

##### 原理图审阅

定制原理图设计请遵循以下列表：

1. 根据 SK 原理图比较使用的大容量电容器和去耦电容器以及值
2. 用于校准电阻的值和容差
3. 复位下拉值和连接 ODT 上拉
4. 所选存储器符合 JEDEC 标准
5. 电源轨连接遵循 ROC

##### 其他

1. 在原理图上添加布局注释 ( 对于 DDR 布线，应遵循建议的指南 )

#### 7.2.2 多媒体卡/安全数字 (MMCSD)

该处理器支持三个 MMCSD 实例。MMCSD 主机控制器提供了一个连接 1 个 eMMC ( 8 位 ) 实例和 2 个 SD/SDIO ( 4 位 ) 实例的接口。

##### 7.2.2.1 MMC0 - eMMC ( 嵌入式多媒体卡 ) 接口

请参阅以下常见问题解答：

[\[常见问题解答\] AM625/AM623/AM62A/AM62P 定制电路板硬件设计的设计建议/常见错误 - eMMC 存储器接口](#)

[\[常见问题解答\] AM62A7 : MMC0 拉电阻器要求](#)

### 7.2.2.1.1 AM62A7 / AM62A3 / AM62A7-Q1 / AM62A3-Q1 和 AM62D-Q1

有关更多信息，请参阅处理器特定数据表的 *MMC0 - eMMC/SD/SDIO 接口* 一节。

#### 7.2.2.1.1.1 IO 电源

用于 MMC0 接口的处理器 IO 由 VDDSHV4 ( 双电压 IO ) 电源轨 ( IO 组 4 的 IO 电源 ) 供电。

VDDSHV4 旨在支持上电、下电或不依赖于其他电源轨的动态电压变化。

建议将所连接器件的 VDDSHV4 和 IO 电源轨连接到同一电源。

连接器件的 VDD ( 内核电压 ) 可由独立电源供电。

#### 7.2.2.1.1.2 eMMC ( 连接器件 ) 复位

建议使用双输入“与运算”逻辑来实现所连接器件的复位。其中一个与门输入连接到处理器通用输入/输出 (GPIO)，在输入端附近提供上拉电阻 ( 以支持引导 ) 和 0 $\Omega$  配置，以隔离 GPIO 用于测试或调试。与门的另一个输入是主域热复位状态输出 (RESETSTATz) 信号。

如果不使用“与运算”逻辑且使用处理器主域热复位状态输出 (RESETSTATz) 来复位所连接器件，请将所连接器件的 IO 电压电平与 RESETSTATz IO 电压电平匹配。建议使用电平转换器来匹配 IO 电压电平。

#### 7.2.2.1.1.3 信号连接

与所连接器件进行以下连接

- 在尽可能靠近处理器的位置为 MMC0\_CLK 信号添加一个 0 $\Omega$  串联电阻器，以抑制反射 ( 在读取事务时使用 MMC0\_CLK 信号/在内部环回信号，并且需要使用串联电阻器来消除可能导致错误时钟转换的信号反射。最初使用 0 $\Omega$  的串联电阻值，并根据需要进行调整以匹配 PCB 布线阻抗)
  - 为 MMC0\_CLK 信号连接外部下拉电阻 ( 靠近 eMMC 器件 )。( 为了防止 eMMC 器件输入悬空，直到软件初始化与 MMC0 关联的主机控制器和处理器 IO，并且时钟以低电平逻辑停止或暂停，并且下拉选项与逻辑状态一致 )
- 将数据线 MMC0\_DAT0 的外部上拉电阻连接到靠近 eMMC 器件的位置 ( 以防止 eMMC 器件输入悬空，直到软件初始化主机控制器和处理器 IO )。
  - 为外部上拉电阻提供可选的 DAT1-7。( eMMC 器件 ( 只要 eMMC 器件符合 eMMC 标准 ) 为数据信号 MMC0\_DAT1-7 启用了上拉电阻。进入 4 位模式时，eMMC 器件会关断 MMC0\_DAT1-3 上拉电阻，进入 8 位模式时则关断 MMC0\_DAT1-7 上拉电阻。在更改软件模式时，eMMC 主机软件会打开相应的 DAT 上拉电阻
- 为 MMC0\_CMD 信号连接上拉电阻 ( 10k $\Omega$  或 47k $\Omega$  )，为 DS 信号连接下拉电阻 ( 可选 ) ( 靠近 eMMC 器件 )

#### 7.2.2.1.1.4 电源轨的电容器

验证是否为 VDDSHV4 ( 双电压 IO ) 电源轨和附加器件 ( 内核和 IO 电源 ) 提供了所需的大容量电容器和去耦电容器。

如果没有可用的建议，请遵循处理器特定 SK 实现。

#### 7.2.2.1.1.5 MMC0 (eMMC) 检查清单

##### 一般

检查并验证定制原理图设计的以下内容：

1. 上述部分，包括相关应用手册和常见问题解答链接。
2. 引脚属性、信号说明和电气规范。
3. 电气特性、时序参数和任何其他可用信息。
4. MMC0 接口符合 JEDEC eMMC 电气标准 v5.1 (JESD84-B51)
5. AM62Ax 和 AM62Dx 处理器系列实现了软 PHY。建议在外部实现 DAT0、时钟和控制信号所需的拉电阻。

6. 在 MMC0\_CLK 上包含一个串联电阻器 (0 Ω)，该电阻器应尽可能靠近处理器时钟输出引脚放置以抑制反射。MMC0\_CLK 在读取事务时在内部环回，电阻器可消除可能的信号反射，这会导致时钟转换错误。最初使用 0 Ω 并根据需要进行调整，以匹配 PCB 布线阻抗。
7. 为 DAT0 和 CMD 信号添加上拉电阻 (10k Ω 或 47k Ω)。将上拉电阻连接到 IO 电源组 VDDSHV4 (MMC IO 电源轨)。对于 DAT1-7 eMMC 器件应在复位期间启用上拉电阻。eMMC 主机/PHY 会禁用 eMMC 器件上拉电阻，并启用处理器内部上拉电阻。为外部上拉电阻器提供的配置是可选的，或者删除上拉电阻器。
8. VDDSHV4 (1.8V 或 3.3V) 和连接的 eMMC 器件 IO 电源必须使用同一电源供电。
9. 为靠近所连接器件的 eMMC 连接器件时钟输入添加下拉电阻 (10k Ω)。
10. 要实现 eMMC 器件复位，请在存储器用于引导时使用双输入“与运算”逻辑。连接 RESETSTATz 作为一个输入，并将处理器 IO 作为另一个输入。在与门输入引脚附近为处理器 IO 输入添加上拉电阻，在处理器 IO 输出附近添加隔离电阻。或者，RESETSTATz 用作复位源。当 RESETSTATz 用作复位源时，请验证电压电平与 eMMC IO 电源是否兼容。根据需要使用电平转换器。
11. 当不需要 eMMC 引导时，连接到 eMMC 的器件复位可由处理器 IO 控制。建议在电路板电源复位期间下拉 eMMC 存储器器件的复位。
12. 根据需要为连接的存储器器件添加额外的去耦电容器。请参阅 SK-AM62P-LP 原理图。

## 原理图审阅

定制原理图设计请遵循以下列表：

1. 为处理器和所连接器件电源轨提供了所需的大容量电容器和去耦电容器。与 SK 原理图进行比较
2. 数据、命令和时钟信号的拉电阻值。与相关 SK 进行比较
3. 串联电阻器值和靠近处理器时钟输出的时钟输出信号上的放置
4. 复位逻辑的实现，包括 IO 电平兼容性。当直接连接 RESETSTATz 或处理器 IO 以控制复位时，不建议在 eMMC 所连接器件的复位输入端添加电容器。不建议使用独立的复位连接来复位 eMMC 存储器器件
5. 电源轨连接遵循 ROC

## 其他

1. 在 CLK 上连接一个外部下拉电阻、在 CMD 和 DAT0 上连接一个外部上拉电阻，以防止 eMMC 器件输入悬空，直到软件初始化与 MMC0 关联的主机控制器和处理器 IO。eMMC 标准要求 eMMC 器件在 DAT1-7 信号的复位期间启用内部上拉电阻，DAT1-7 信号不需要外部上拉电阻。当总线宽度从 1 位模式增加到 4 位或 8 位模式时，软件会开启相应的内部 DAT 上拉电阻。需要外部拉电阻，因为与 MMC0 关联的 IO 是通过标准双电压 LVCMOS IO 单元实现的，并且能够将额外的信号功能多路复用到相应的器件引脚。由于可以连接到 MMC0 引脚的接口未知，因此在复位期间 MMC0 IO 缓冲器关闭。
2. 验证 eMMC 器件 (eMMC 非易失性配置空间) 中是否启用了 eMMC\_RSTn 复位输入，以便复位逻辑正常工作。软件可以复位所连接器件 (eMMC、OSPI、SD 卡或 EPHY)，而无需使用 GPIO 复位选项复位整个处理器，从而在外设无响应的情况下实现特定于外设的复位。消除 GPIO 选项并使用 RESET 输出 (热或冷)。如果外设无响应，软件会强制进行热复位。但是，使用热复位会复位整个器件，而不是尝试恢复特定外设而不复位整个器件。当使用 RESETSTATz 复位所连接器件时，请验证所连接器件的 IO 电压电平是否与 RESETSTATz IO 电压电平匹配。建议使用电平转换器来匹配 IO 电压电平。或者，使用电阻分压器并选择理想阻抗值。eMMC 复位输入的缓慢上升或下降时间会导致延迟过大。低复位输入会导致处理器在正常运行期间提供过多的稳态电流。
3. “与运算”逻辑还会执行电平转换。在优化复位“与运算”逻辑之前，请验证复位 IO 电平兼容性。IO 电平不匹配会导致电源泄漏并影响处理器运行
4. 为 eMMC、SD 卡或其他外设选择下拉电阻，因为在某些情况下，时钟在低逻辑状态下停止或暂停，并且下拉电阻选项与逻辑状态一致。

### 7.2.2.1.2 有关 eMMC PHY 的额外信息

请参阅处理器特定数据表的 *信号说明*、*MMC*、*MAIN 域* 一节中的注释。

## 备注

不同处理器系列上使用的 eMMC 控制器和 PHY IP 的实现方式可能有所不同。请注意接口，包括迁移到其他处理器系列时建议的端接。

建议查看处理器特定数据表、TRM，并遵循针对器件特定处理器系列和连接器件的连接建议。

根据需要遵循处理器特定 SK 实现。

### 7.2.2.1.3 MMC0 - SD (安全数字) 卡接口

MMC0 接口上没有 CD (卡检测) 和 WP (写保护) 引脚。MMC0 可用于连接固定的 SDIO 器件 (板载)。有关更多信息，请参阅处理器特定数据表的 *MMC0 - eMMC/SD/SDIO 接口* 一节。

### 7.2.2.2 MMC1/MMC2 - SD (安全数字) 卡接口

有关更多信息，请参阅器件特定数据表的 *MMC1/MMC2 - SD/SDIO 接口* 一节。

#### 7.2.2.2.1 IO 电源

处理器 MMC1 (CMD、CLK 和数据) 接口 IO 由 VDDSHV5 (双电压 IO) 电源轨 (IO 组 5 的 IO 电源) 供电，MMC2 (CMD、CLK 和数据) 接口 IO 由 VDDSHV6 (双电压 IO) 电源轨 (IO 组 6 的 IO 电源) 供电。

VDDSHV5 和 VDDSHV6 旨在支持上电、下电或不依赖于其他电源轨的动态电压变化 (电源会随着传输速度的增加将其工作电压从 3.3V 更改为 1.8V)。

VDDSHV5 和 VDDSHV6 电源必须初始为 3.3V，并允许在软件准备好更改电源电压时更改为 1.8V。

当配置为 SD 卡接口时，建议对 VDDSHV5 和 VDDSHV6 电源轨使用单独的电源 (LDO 或类似电源)。

处理器 MMC1 SD 卡检测 (CD) 和写保护 (WP) 信号由 VDDSHV0 (双电压 IO) 电源轨 (IO 组 0 的 IO 电源) 供电。建议将 MMC1\_SD CD、MMC1\_SD WP 的上拉电阻从 SD 卡连接到同一电源轨 VDDSHV0。

插入 SD 卡时，处理器的 SD 卡检测 (CD) 输入直接连接到接地端。建议使用一个串联电阻，用于在 IO 由于编程错误而配置为输出时限制电流。

处理器 MMC2 SD 卡检测 (CD) 和写保护 (WP) 信号由 VDDSHV6 (双电压 IO) (IO 组 6 的 IO 电源) 电源轨或 VDDSHV0 (双电压 IO) 电源轨 (IO 组 0 的 IO 电源) 供电。

#### 7.2.2.2.2 SD 卡电源复位和引导配置

建议配置由软件启用 (控制) 的电源开关 (负载开关) 为 SD 卡电源 (VDD) 供电。一个固定的 3.3V 电源 (连接到处理器的 IO 电源) 连接作为电源开关的输入。

使用电源开关可以对 SD 卡进行下电上电 (因为复位电源开关是复位 SD 卡的唯一方法)，并将 SD 卡复位为默认状态。

建议使用三输入“与运算”逻辑来实现 SD 卡电源开关使能复位逻辑。与门的一个输入连接到处理器通用输入/输出 (GPIO)。其中一个与门输入在输入端附近提供上拉电阻 (以支持引导) 和 0Ω 配置，以隔离 GPIO 用于测试或调试。与门的另外两个输入连接到主域 POR (冷复位) 状态输出 (PORz\_OUT) 或主域热复位状态输出 (RESETSTATz) 信号。

如果 SD 卡配置为引导器件，为 SD 卡电源供电的外部电源开关必须默认为 ON (供电状态)。

有关实现的详细信息，请参阅器件特定 SK。

#### 7.2.2.2.3 信号连接

进行以下连接：

- 为 MMC1\_CLK 和 MMC2\_CLK 连接串联电阻 (0Ω，靠近处理器)，为 MMC1\_CLK 和 MMC2\_CLK 连接外部下拉电阻 (靠近所连接器件或 SD 卡插槽)。



- 为连接到相应双电压 IO ( MMC1 = VDDSHV5、MMC2 = VDDSHV6 ) 电源轨的数据线路 ( MMC1\_DAT0..3 和 MMC2\_DAT0..3 ) 和 CMD 信号 ( MMC1\_CMD 和 MMC2\_CMD ) 添加外部上拉电阻器 (47k $\Omega$ ) ( 靠近所连接器件或 SD 卡插槽 )。
- 为连接到 VDDSHV0 ( 双电压 IO ) 电源轨的 MMC1\_SDCD 和 MMC1\_SDWP 信号添加外部上拉电阻器 ( 靠近所连接器件或 SD 卡插槽 )。
- 要支持 SD 卡接口, 请配置以 VDDSHV0 ( 双电压 IO ) 为基准的 MMC2\_SDCD 和 MMC2\_SDWP 信号。为连接到 VDDSHV0 ( 双电压 IO ) 电源轨的 MMC2\_SDCD 和 MMC2\_SDWP 信号添加外部上拉电阻器 ( 靠近所连接器件或 SD 卡插槽 )。

请参阅以下常见问题解答：

[\[常见问题解答\] AM62A7：为什么 MMC1 由 VDDSHV0 和 VDDSHV5 这两个不同的电压电源供电？](#)

[\[常见问题解答\] AM62A7-Q1：如果未使用 SD 卡，如何连接引脚网络 VDDSHV4、VDDSHV5 和 VDDSHV6](#)

[\[常见问题解答\] AM6442：AM6442 MMC1](#)

[\[常见问题解答\] AM625：MMC 接口](#)

这是通用常见问题解答，也可用于 AM62A7 / AM62A3 / AM62A7-Q1 / AM62A3-Q1 和 AM62D-Q1 系列处理器。

#### 7.2.2.2.4 ESD 保护

建议为数据、时钟和控制信号提供外部 ESD 保护。内部 ESD 保护不能满足板级或系统级 ESD 要求。

#### 7.2.2.2.5 电源轨的电容器

验证是否为 VDDSHV5 和 VDDSHV6 ( 双电压 IO ) 电源轨和连接器件提供了所需的大容量电容器和去耦电容器。

如果没有可用的建议，请遵循处理器特定 SK 实现。

#### 备注

请遵循对于数据和控制信号的处理器特定连接建议。建议将时钟输出的串联电阻放置在靠近处理器引脚的位置。

#### 7.2.2.2.6 MMC1 SD 卡接口检查清单

##### 一般

检查并验证定制原理图设计的以下内容：

1. 上述部分，包括相关应用手册和常见问题解答链接。
2. 引脚属性、信号说明和电气规范。
3. 电气特性、时序参数和任何其他可用信息。
4. 在 MMC1\_CLK 上包含一个串联电阻器 (0 $\Omega$ )，该电阻器应尽可能靠近处理器时钟输出引脚放置以抑制反射。MMC1\_CLK 在读取事务时在内部环回，可能需要电阻器来消除可能的信号反射，这可能会导致时钟转换错误。最初使用 0 $\Omega$  并根据需要进行调整，以匹配 PCB 布线阻抗。
5. MMC1\_CLK、CMD 和 DAT0..3 信号功能通过由 VDDSHV5 ( 该电源会随着传输速度的增加将工作电压从 3.3V 更改为 1.8V ) 供电的引脚上的 SDIO 缓冲器来实现。
6. MMC1\_SDCD 和 SDWP 信号功能通过由 VDDSHV0 ( 在固定 1.8V 或 3.3V 下运行 ) 供电的引脚上的 LVCMOS 缓冲器实现。
7. SDIO 缓冲器用于支持动态电压变化。由于 UHS-I SD 卡开始以 3.3V 信号运行并在 SD 卡转换到其中一种高速数据传输模式时更改为 1.8V 信号，因此必须进行动态电压调节。复位期间处理器 IO 缓冲器关闭。任何处理器或所连接器件 IO 都需要可悬空的外部上拉电阻。所有数据和命令信号都需要上拉电阻。当使用 ( 提高抗噪性 ) 外部上拉电阻时，验证是否未配置内部上拉电阻。
8. 为了满足 SD 卡规格，当内部上拉电阻意外启用时，建议使用 47k $\Omega$  上拉电阻。47k $\Omega$  上拉电阻可验证产生的拉电阻是否在指定范围内。
9. 当需要 UHS-I 速度支持时，需要实现在 3.3V 和 1.8V 之间切换的 LDO 电源。开关 IO 电源可以是外部分立式实施，也可以是 PMIC 内部的。将可切换电压输出连接到 IO 电源组，并参考 SD 接口信号 (VDDSHV5)。

10. 如果需要 UHS-I 速度支持，当 SD 卡接口的 IO 电压为 1.8V 或 3.3V 时，SD 卡 VDD 电源会连接到固定的 3.3V 电源。
11. 当需要 UHS-I 速度支持时，3.3V SD 卡需要通过负载开关进行开关，以允许将 SD 卡 IO 电源复位为 3.3V。需要进行相应配置，以在复位期间启用 SD 卡负载开关。
12. 提供相应配置，以在冷复位、热复位和需要使用处理器 IO 的正常运行期间，使用 SD 卡负载开关 EN 信号复位负载开关。可以选择一个 3 输入“与运算”逻辑。
13. 在启动期间，ROM 代码会检查卡检测引脚 (SDCD，引脚 P23) 的状态。该信号预计为低电平，以指示检测到卡。

## 原理图审阅

定制原理图设计请遵循以下列表：

1. 提供所需的大容量电容器和去耦电容器。与 SK 原理图进行比较。
2. 用于数据、命令和时钟信号的拉电阻值。与相关 SK 进行比较。
3. 串联电阻器值和靠近处理器的时钟输出信号上的放置。
4. 当需要 UHS-I 速度支持时，请验证是否添加了 IO 电源轨开关和 SD 卡电源开关电路。
5. 电源轨连接到 SD 卡电源 (使用 SYS 电压)。
6. 实现用于复位 SD 卡电源控制负载开关的复位逻辑。此外，还提供了 SD 卡电源的压摆率控制功能。
7. 电源轨连接遵循 ROC。
8. 为 SD 接口信号提供所需的外部 ESD 保护。

## 其他

1. 当 UHS-I SD 卡改变 IO 工作电压时，主机的 MMC1\_SDCCD 和 MMC1\_SDWP 输入的逻辑状态不得改变。如果信号通过会改变电压的双电压 SDIO 单元的输入缓冲器进行传播，则无法保持有效的逻辑状态。信号功能被分配给不改变电压的 IO。信号仅连接到 SD 卡连接器中的开关，因此当 SD 卡信号改变工作电压时，信号不会无端改变电压。必须使用 MMC1\_SDCCD 和 MMC1\_SDWP 信号连接到 SD 卡连接器开关，并通过连接到 VDDSHV0 的外部拉电阻器将其上拉至高电平。其他具有上拉电阻的 MMC1 SD 卡信号需要由动态改变电压的 VDDSHV5 源供电
2. MMC2\_SDCCD 和 MMC2\_SDWP 引脚以其他 MMC2 引脚的同一 IO 电源组为基准。如果尝试将 UHS-I SD 卡连接到 MMC2，不建议使用 MMC2\_SDCCD 和 MMC2\_SDWP 信号功能的控制。对于 SD 卡用例，需要使用其他引脚多路复用选项之一来实现信号功能，该选项使用由固定电压源供电的 IO 电池。MMC2 分配是不同的，因为我们只期望 MMC2 与类似于 Wi-Fi® 或 Bluetooth® 收发器的板载固定电压 SDIO 器件一起使用。
3. SD 卡电源开关以及电源开关 EN 引脚复位逻辑和主机 IO 电源电路需要支持 UHS-I SD 卡，以使用 3.3V 信号电平开始通信，然后在更改为更快的数据传输速度之一时更改为 1.8V 信号电平。

要将 SD 卡恢复到 3.3V 模式，唯一方法是对 SD 卡进行下电上电，因为 SD 卡没有复位引脚。主机 IO 电源必须与 SD 卡一起断电/上电并更改电压。操作为电路提供信号的电路和软件驱动程序可验证两个器件是否关断或导通，以及是否同时在相同的 IO 电压下运行

4. 为了优化“与运算”逻辑，请使用 2 输入与门并将 RESETSTATz 和处理器 IO 作为输入
5. 在 SDCCD 引脚上添加一个串联电阻器 100Ω，因为当插入 SD 卡时，处理器 IO 直接连接到接地端

### 7.2.2.3 MMC1/MMC2 SDIO (嵌入式) 接口

有关更多信息，请参阅处理器特定数据表的 *MMC1/MMC2 - SD/SDIO 接口* 一节。

#### 7.2.2.3.1 IO 电源

处理器 MMC1 (CMD、CLK 和数据) 接口 IO 由 VDDSHV5 (双电压 IO) 电源轨 (IO 组 5 的 IO 电源) 供电，MMC2 (CMD、CLK 和数据) 接口 IO 由 VDDSHV6 (双电压 IO) 电源轨 (IO 组 6 的 IO 电源) 供电。

处理器 MMC1 SD 卡检测 (CD) 和写保护 (WP) 信号由 VDDSHV0 (双电压 IO) 电源轨 (IO 组 0 的 IO 电源) 供电。建议将 MMC1\_SDCCD、MMC1\_SDWP 的上拉电阻从 SDIO 卡连接到同一电源轨 VDDSHV0。

处理器 MMC2 SD 卡检测 (CD) 和写保护 (WP) 信号由 VDDSHV6 (双电压 IO) (IO 组 6 的 IO 电源) 电源轨或 VDDSHV0 (双电压 IO) 电源轨 (IO 组 0 的 IO 电源) 供电。建议将 MMC2\_SDCD、MMC2\_SDWP 的上拉电阻从 SDIO 连接到同一电源轨 VDDSHV6 或 VDDSHV0。

### 7.2.2.3.2 信号连接

进行以下连接：

- 为 MMC1\_CLK 和 MMC2\_CLK 连接串联电阻 ( $0\Omega$ ，靠近处理器)，为 MMC1\_CLK 和 MMC2\_CLK 连接外部下拉电阻 (靠近所连接器件)。
- 为连接到相应双电压 IO (MMC1 = VDDSHV5、MMC2 = VDDSHV6) 电源轨的数据线 (MMC1\_DAT0..3 和 MMC2\_DAT0..3) 和 CMD 信号 (MMC1\_CMD 和 MMC2\_CMD) 添加外部上拉电阻 (靠近所连接器件)。
- 为连接到 VDDSHV0 (双电压 IO) 电源轨的 MMC1\_SDCD 和 MMC1\_SDWP 信号添加外部上拉电阻 (靠近所连接器件)。
- 为连接到 VDDSHV6 或 VDDSHV0 (双电压 IO) 电源轨的 MMC2\_SDCD 和 MMC2\_SDWP 信号添加外部上拉电阻 (取决于所选的引脚 (IO)) (靠近所连接器件)。

### 7.2.2.3.3 MMC2 SDIO (嵌入式) 接口检查清单

#### 一般

检查并验证定制原理图设计的以下内容：

1. 上述部分，包括相关应用手册和常见问题解答链接。
2. 引脚属性、信号说明和电气规范。
3. 电气特性、时序参数和任何其他可用信息。
4. 在 MMC2\_CLK 上包含一个串联电阻器 ( $0\Omega$ )，该电阻器应尽可能靠近处理器时钟输出引脚放置以抑制反射。为了防止信号反射和错误时钟转换，请使用一个电阻器来消除 MMC2\_CLK 上可能的信号反射，MMC2\_CLK 在读取事务时在内部环回。最初使用  $0\Omega$  并根据需要进行调整，以匹配 PCB 布线阻抗。
5. MMC2 CLK、CMD 和 DAT0-3 信号功能通过由 VDDSHV6 (在固定 1.8V 或 3.3V 下运行) 供电的引脚上的 SDIO 缓冲器实现。
6. MMC2 SDCD 和 SDWP 信号功能通过由 VDDSHV6 或 VDDSHV0 (在固定 1.8V 或 3.3V 下运行) 供电的引脚上的 LVCMOS 缓冲器实现。
7. SDIO 缓冲器用于支持动态电压变化。使用 SDIO 接口时，建议连接固定的 IO 电压 (1.8V 或 3.3V)。
8. 复位期间处理器 IO 缓冲器关闭。任何处理器或所连接器件 IO 都需要可悬空的外部上拉电阻。所有数据和命令信号都需要上拉电阻。当使用 (提高抗噪性) 外部上拉电阻时，验证是否未配置内部上拉电阻。作为一种良好的设计实践，当内部拉电阻意外启用时，建议使用  $47k\Omega$  上拉电阻以使上拉电阻值处于 SDIO 规格范围内。对于  $47k\Omega$ ，产生的拉电阻仍将在指定范围内。
9. 使用处理器 IO 实现所连接器件复位。验证 IO 级兼容性和所需拉电阻的连接 (极性取决于所连接器件)。

#### 原理图审阅

定制原理图设计请遵循以下列表：

1. 提供所需的大容量电容器和去耦电容器。与 SK 原理图进行比较。
2. 用于数据、命令和时钟信号的上拉电阻值。与相关 SK 进行比较。
3. 串联电阻器值和靠近处理器的时钟输出信号上的放置。
4. 复位逻辑的实现。
5. 电源轨连接遵循 ROC，是固定电源。

#### 其他

1. 验证通过附加卡连接时，是否为接口信号提供了所需的外部 ESD 保护。
2. 使用 MMC1 时请遵循类似的指南。使用 MMC1 时，需要进行软件更改，因为 SK 仅在 MMC2 上实现 SDIO 接口。
3. 关于 SDIO 器件提供还是不提供内部拉电阻，没有特定指南。实现嵌入式 SDIO 器件的电路板设计人员必须了解 SDIO 器件提供的功能，并在 SDIO 器件未提供时应用适当的外部拉电阻。大多数处理器 IO 缓冲器在复位

期间处于关闭状态，在电路板启动并配置软件之前不会启用。为了防止输入悬空，请对连接到所连接器件输入端的任何信号使用外部拉电阻。

- 对于嵌入式 SDIO 应用，建议使用同一固定 1.8V 或 3.3V 电源为 IO 电源轨供电，该电源用于为 SDIO 所连接器件（例如 Wi-Fi 模块）的 IO 供电。

#### 7.2.2.4 其他信息

请参阅器件特定数据表的 *信号说明*、*MMC*、*MAIN* 域一节中的注释。

### 7.2.3 八路串行外设接口 (OSPI) 和四路串行外设接口 (QSPI)

有关详细信息，请参阅器件特定数据表的 *OSPI/QSPI/SPI 电路板设计和布局布线指南* 一节。

请参阅以下常见问题解答：

[\[常见问题解答\] AM625/AM623/AM62A/AM62P 定制电路板硬件设计的设计建议/常见错误 - OSPI/QSPI 存储器接口](#)

#### 7.2.3.1 IO 电源

用于 OSPI 和 QSPI 的处理器 IO 由 VDDSHV1 (双电压 IO) 电源轨 (IO 组 1 的 IO 电源) 供电。

建议将所连接器件的 VDDSHV1 和 IO 电源轨连接到同一电源。

连接器件的 VDD (内核电压) 可由独立电源供电。

#### 7.2.3.2 OSPI/QSPI 复位

建议使用双输入“与运算”逻辑来实现所连接器件的复位。与门的一个输入连接到处理器通用输入/输出 (GPIO)。其中一个与门输入在输入端附近提供上拉电阻 (以支持引导) 和 0Ω 配置，以隔离 GPIO 用于测试或调试。与门的另一个输入是主域热复位状态输出 (RESETSTATz) 信号。

如果不使用“与运算”逻辑且使用处理器主域热复位状态输出 (RESETSTATz) 来复位所连接器件，请将所连接器件的 IO 电压电平与 RESETSTATz IO 电压电平匹配。建议使用电平转换器来匹配 IO 电压电平。

#### 7.2.3.3 信号连接

进行以下连接：

- OSPI0\_CLK 和 OSPI0\_LBCLKO 连接串联电阻 (0Ω) (靠近处理器)，OSPI0\_CLK 连接外部下拉电阻 (靠近所连接器件)。
- CS 引脚和 INT# 引脚连接外部上拉电阻 (靠近所连接器件)。
- 数据线 (DAT0:7) 连接外部上拉电阻 (靠近处理器)。根据所连接器件内部拉电阻的可用性，组装外部拉电阻。

#### 7.2.3.4 环回时钟

验证所需的环回时钟配置。可以使用 OSPI0\_LBCLKO (OSPI 环回时钟输出) 和 OSPI0\_DQS (OSPI 数据选通或环回时钟输入) 进行不同的时钟环回配置。有关以下环回配置，请参阅器件特定数据表：

- 无环回、内部 PHY 环回和内部焊盘环回

#### 外部电路板级环回

处理器 DQS 或环回时钟与连接存储器器件的 DS 数据选通搭配使用

如果所连接器件中有 DS (读取数据选通) 引脚，请将所连接器件的 DS 引脚连接到处理器的 OSPI0\_DQS 引脚。将 OSPI0\_LBCLKO 引脚保持未连接状态。

如果当前未使用 DS 引脚，则将处理器的 OSPI0\_LBCLKO 输出引脚连接到处理器的 OSPI0\_DQS 输入引脚，以配置外部环回。

如果不使用外部环回，建议将 OSPI0\_LBCLKO 和 OSPI0\_DQS 引脚保持未连接状态。



## 备注

为支持传统 x1 命令，处理器 OSPI 接口引脚的 D0 和 D1 必须连接到 QSPI/OSPI 存储器器件引脚的 D0 和 D1。

不允许数据位交换。

### 7.2.3.5 连接多个器件的接口

当前不支持将 OSPI 连接到多个存储器器件。将 OSPI ( 处理器 ) 连接到存储器器件。如果 OSPI 连接到多个存储器器件，该接口会创建一条拆分的数据总线，这可能会严重降低高速条件下的信号完整性。为了高速访问 OSPI，建议使用一条点对点数据总线。

### 7.2.3.6 电源轨的电容器

验证是否为 VDDSHV1 ( 双电压 IO ) 电源轨和附加器件 ( 内核和 IO 电源 ) 提供了所需的大容量电容器和去耦电容器。

如果没有可用的建议，请遵循处理器特定 SK 实现。

### 7.2.3.7 OSPI/QSPI 实现检查清单

#### 一般

检查并验证定制原理图设计的以下内容：

1. 上述部分，包括相关应用手册和常见问题解答链接
2. 引脚属性、信号说明和电气规范
3. 电气特性、时序参数和任何其他可用信息
4. 提供了所连接器件所需的存储器接口配置和建议的连接
5. 以接口信号为基准的所连接器件 IO 电源和 IO 电源组 ( IO 电源轨 ) VDDSHV1 连接到同一电源
6. 在处理器时钟输出引脚附近提供用于时钟信号的串联电阻器  $0\ \Omega$  配置
7. 为数据和控制信号提供能够悬空的上拉电阻配置。验证电源是否连接到上拉电阻器
8. 为时钟输入信号提供靠近存储器器件的下拉  $10k\ \Omega$
9. 使用 2 输入 ( RESETSTATz 和处理器 IO ) “与运算”逻辑或使用热复位状态输出 RESETSTATz 进行引导时的复位逻辑实现
10. 验证处理器和所连接器件之间的复位 IO 级兼容性
11. 不建议在复位或电源斜升期间将复位输入上拉至高电平状态
12. 基于存储器器件和所选接口 ( OSPI/QSPI ) 的时钟环回配置
13. 如果实现了 OSPI/QSPI 引导模式，请验证勘误表、所选存储器是否满足 TRM 中描述的引导模式标准 ( 或使用 E2E 向 TI 验证 )

#### 原理图审阅

定制原理图设计请遵循以下列表：

1. 将并联拉电阻器和串联电阻器值的实现方案与 SK 原理图进行比较
2. 将所连接器件复位逻辑的实现与 SK 原理图进行比较
3. 不允许也不建议将接口连接多个所连接器件 ( 超过 1 个已连接器件 )
4. 电源轨连接遵循 ROC
5. 基于用例实现外部环回

#### 其他

1. 验证是否遵循了数据表的 OSPI/QSPI/SPI 电路板设计和布局布线指南部分
2. 检查并遵循电气、时序和开关特性

### 7.2.4 通用存储器控制器 (GPMC)

#### 7.2.4.1 IO 电源

用于 GPMC 接口的处理器 IO 由 VDDSHV3 ( 双电压 IO ) 电源轨 ( IO 组 3 的 IO 电源 ) 供电。

建议将所连接器件的 VDDSHV3 和 IO 电源轨连接到同一电源。

连接器件的 VDD ( 内核电压 ) 可由独立电源供电。

#### 7.2.4.2 GPMC 接口

验证连接到 GPMC 接口的所连接器件数量。

建议在同步模式下将 GPMC 接口连接到一个器件。使用多个器件或 CSn 时需要拆分板载 GPMC 时钟 ( 和其他接口信号 ) , 这会导致信号完整性问题。

在异步模式下连接多个器件时, 建议进行详细的时序分析。不建议连接多个器件。在异步模式下连接多个器件时, 必须将控制信号路由到多个器件。拆分路由和负载 ( 布线长度和器件数量 ) 问题会影响定制电路板的性能。

#### 7.2.4.3 存储器 ( 连接的器件 ) 复位

如果在使用 GPMC 时使用 NAND 闪存或 NOR 闪存, 许多通过 GPMC 连接的存储器没有复位引脚。

如果复位引脚可用, 请查看复位要求并将复位引脚连接到相关的复位源。

#### 7.2.4.4 信号连接

为 GPMC0\_CLK 提供串联电阻 (0 Ω) ( 靠近处理器 ) 。

建议在 GPMC0\_CSn0-3 ( 取决于配置 ) 上使用一个外部上拉电阻, 以便在处理器保持复位时或复位后且在软件配置 PADCONFIG 寄存器来启用 TX 缓冲器之前将信号保持在高电平。

##### 7.2.4.4.1 GPMC NAND

NAND 闪存的高电平有效就绪和低电平有效繁忙 (R/B#) 输出为漏极开路, 并连接到 GPMC0\_WAIT0 和 GPMC0\_WAIT1 信号 ( 取决于配置 ) 。建议提供上拉电阻 ( 建议值为 4.7k Ω ) ( 靠近所连接器件 ) 。

##### 7.2.4.5 电源轨的电容器

验证是否为 VDDSHV3 ( 双电压 IO ) 电源轨和附加器件 ( 内核和 IO 电源 ) 提供了所需的大容量电容器和去耦电容器。

如果没有可用的建议, 请遵循处理器特定 SK 实现。

##### 7.2.4.6 GPMC 接口检查清单

###### 一般

检查并验证定制原理图设计的以下内容：

1. 上述部分, 包括相关应用手册和常见问题解答链接
2. 引脚连接要求、引脚属性和信号说明
3. 电气特性、时序参数和任何其他可用信息
4. GPMC 接口配置和建议的连接
5. 处理器和所连接器件之间的 IO 级兼容性
6. GPMC 存储器接口配置 ( NAND 或 NOR 闪存 ) 、使用的接口模式 - 异步或同步时钟模式
7. 允许在异步模式下连接到多个器件, 在使用前执行时序和负载计算
8. 处理器 GPMC 时钟输出引脚上的串联电阻 0 Ω
9. 以 GPMC 接口信号为基准的所连接器件 IO 电源和 IO 电源组 ( IO 电源轨 ) VDDSHV2 连接到同一电源
10. 验证是否提供了建议或所需的拉电阻
11. 验证是否提供了所需的接口配置和建议的连接
12. 所连接器件与处理器 GPMC 控制器的兼容性
13. 支持的地址和数据范围 ( 如数据表中所述, IO 引脚从器件输出 )
14. 所需的 GPMC 接口时序与可行性以及布局效果之间的关系

15. 根据需要添加拉电阻
16. GPMC 存储器 NAND/NOR、地址和数据信号的连接 - 多路复用或非多路复用、同步或异步数据位宽度符合 TRM

## 原理图审阅

定制原理图设计请遵循以下列表：

1. 根据连接的存储器提供所需的拉电阻
2. 为任何可以悬空的接口信号提供了拉电阻
3. 电源轨连接遵循 ROC

## 7.3 外部通信接口 ( 以太网 (CPSW3G)、USB2.0、UART 和控制器局域网 (CAN) )

### 7.3.1 使用 CPSW3G ( 通用平台 3 端口千兆位以太网交换机 ) 的以太网接口

CPSW3G 支持 RGMII (10/100/1000) 和 RMII (10/100) 接口。

#### 7.3.1.1 IO 电源

处理器千兆位以太网介质访问控制器 (GEMAC) IO ( 用于以太网接口 ) 由 VDDSHV2 ( 双电压 IO ) 电源轨 ( IO 组 2 的 IO 电源 ) 供电。

建议将所连接器件的 VDDSHV2 和 IO 电源轨连接到同一电源。

连接器件的 VDD ( 内核电压 ) 可由独立电源供电。

#### 7.3.1.2 以太网 PHY 复位

建议使用三输入“与运算”逻辑来实现所连接器件的复位。与门的一个输入连接到处理器通用输入/输出 (GPIO)。其中一个与门输入在输入端附近提供上拉电阻 ( 以支持引导 ) 和  $0\Omega$  配置，以隔离 GPIO 用于测试或调试。与门的另一个输入是主域 POR ( 冷复位 ) 状态输出 (PORz\_OUT) 或主域热复位状态输出 (RESETSTATz) 信号。

如果使用双输入与门，则可根据用例将 PORz\_OUT 或 RESETSTATz 作为其中一个输入进行连接，将处理器 GPIO 输入作为第二个输入进行连接。当使用多个 EPHY 时，提供单独复位 EPHY 的配置。

建议根据 EPHY 复位引脚配置，在“与运算”逻辑的输出端使用上拉或下拉电阻。在相应时钟有效后，EPHY 需要保持在复位状态，持续指定的最短复位保持时间。

如果不使用“与运算”逻辑且使用处理器主域热复位状态输出 (RESETSTATz) 来复位所连接器件，请确保所连接器件的 IO 电压电平与 RESETSTATz IO 电压电平匹配。建议使用电平转换器来匹配 IO 电压电平。

#### 7.3.1.3 以太网 PHY 引脚配置 (strap)

许多 TI EPHY 在复位期间将输出配置为输入，并在处理器从复位状态释放时在配置 (strap) 输入上采集配置 ( 通过电阻进行引脚搭接 ) 信息。可能需要对也连接到处理器 IO 的配置 (strap) 输入 (IO) 施加适当的上拉或下拉。器件特定 SK 上使用的 TI EPHY 结合使用了上拉和下拉电阻，从而可以使用每个引脚来配置多种配置模式。在处理器复位期间，IO 缓冲器和内部上拉或下拉电阻处于禁用状态，这样就尽可能减少了 EPHY 向处理器输入缓冲器施加  $1/2 V_s$  电势的问题。启用任何相关的处理器输入缓冲器之前，需要将 EPHY 从复位状态配置为正常状态，以确保 EPHY 驱动有效的逻辑状态。

#### 7.3.1.4 以太网 PHY ( 和 MAC ) 运行和媒体独立接口 (MII) 时钟

验证根据接口用于以太网 PHY 和 MAC 的时钟输入选项。

##### 7.3.1.4.1 晶体

如果使用晶体作为 EPHY 的时钟源，建议将晶体 ( 时钟 ) 规格与处理器晶体 ( 时钟 ) 规格相匹配，以优化性能。

##### 7.3.1.4.2 振荡器

通过使用外部时钟 (LVCMOS) 振荡器作为处理器的时钟源，EPHY 允许使用共享振荡器或单独的振荡器。使用一个振荡器时，请在连接到处理器和 EPHY 之前对时钟输出进行缓冲。

使用一个输出、单缓冲器器件或者双输出或多输出缓冲器将振荡器的时钟输出连接到处理器和 EPHY。

对于特定用例（使用一个时间敏感网络 (TSN) 的某些工业应用的要求），建议将输入或者两个或更多输出（根据所使用的 EPHY 数量）缓冲器用于处理器和 EPHY。

按照器件特定数据表中的建议连接处理器的 XO。请参阅器件特定 SK 了解实现方式。

确认根据建议的指南连接 EPHY 的晶体 XO。

#### 7.3.1.4.3 处理器时钟输出 (CLKOUT0)

为了优化设计，处理器时钟输出 (CLKOUT0) 可用作 EPHY 的时钟输入。时钟输出在内部进行缓冲，适用于点对点时钟拓扑。建议在 CLKOUT0 的源极侧安装一个串联电阻，以尽量减少反射。

RGMII EPHY 需要一个与任何其他信号不同步的 25MHz 时钟输入。25MHz 时钟信号不会有任何时序要求，但需要确保 EPHY 不在时钟输入端接收任何非单调转换。

RMII EPHY 时钟选项随 EPHY 控制器或器件配置的不同而变化。

当配置为控制器时，大多数 RMII EPHY 需要与其他信号不同步的 25MHz 输入时钟。25MHz 时钟信号没有与处理器相关的任何时序要求，但确保 EPHY 不会在时钟输入上接收任何非单调转换非常重要。

RMII EPHY 为 MAC 提供 50MHz 时钟输出。在 RMII 用例中，相对于 EPHY，50MHz 数据传输时钟会延迟传递至 MAC。延迟会转换时钟数据时序关系，从而会减小时序裕量。如果延迟过大，逐渐缩小的时序裕度可能会对某些设计造成问题。

配置为器件时，MAC 和 EPHY 使用一个与发送和接收数据同步的 50MHz 公共时钟。50MHz 时钟在 RMII 规范中定义为供 MAC 和 EPHY 使用的通用数据传输时钟信号，这种情况下，转换预计会同时到达 MAC 和 EPHY 器件引脚。通用时钟可以为发送和接收数据传输提供更好的时序裕量。需要确保 MAC 和 EPHY 不会在时钟输入端接收任何非单调转换。为了确保时钟信号完整性，建议通过双输出相位对齐缓冲器路由通用时钟信号。建议使用与 1/2 数据信号长度等长的信号布线来连接时钟缓冲器输出，其中一个时钟输出连接到 MAC，另一个连接到 EPHY。

对于 RMII 接口，建议的配置是器件特定 TRM 中所述的 *RMII 接口典型应用 (外部时钟源)*。如果使用器件特定 TRM 中所述的 *RMII 接口典型应用 (内部时钟源)* 配置，则必须在电路板级别验证性能。建议提供用于初始性能测试和比较的外部时钟。在处理器和 EPHY 上使用 25MHz 时钟验证了以太网性能 (RGMII)。

可以使用 CLKOUT0 功能为 EPHY 提供 25MHz 或 50MHz 时钟输入。但是，使用 CLKOUT0 信号功能需要软件来配置时钟输出。如果电路板设计必须支持以太网引导，则无法使用 CLKOUT0 时钟配置。只要更改配置，作为 EPHY 时钟连接的 CLKOUT0 就可能出现故障。

一旦器件从复位中释放 (MCU\_PORz 0 -> 1)，AM62Ax 和 AM62Dx 处理器系列就会自动开始向 WKUP\_CLKOUT0 引脚提供器件参考时钟 (MCU\_OSC0\_XO，复位期间启用)。时钟输出在时钟开始切换后不会出现故障。但是，第一个高电平脉冲或低电平脉冲可能很短，因为复位是与 HFOSC0 时钟异步释放的。

在相应时钟有效后，EPHY 需要保持在复位状态，持续指定的最短复位保持时间。

未定义处理器时钟输出性能，因为时钟性能受每个定制电路板设计所特有的许多变量的影响。电路板设计人员必须使用实际 PCB 延迟、最小或最大输出延迟特性以及每个器件的最低建立和保持要求来验证所有外设的时序，以确认是否有足够的时序裕量。

#### 7.3.1.5 MAC (数据、控制和时钟) 接口信号连接

建议对以太网 MAC 接口信号使用串联电阻。使用尽可能小的封装 (0402 或更小) 并将串联电阻靠近源极放置。首先，将用于 TDn 信号的串联电阻 (22 Ω) 放置在处理器引脚附近。对于 RX 信号，可以使用 EPHY 内部串联电阻。建议在 RX 信号上提供外部串联电阻 (0 Ω) 配置。

EPHY 的中断输出可以连接到处理器 EXTINTn (中断) 引脚。建议为 EXTINTn 连接一个靠近处理器的上拉电阻。



### 7.3.1.6 外部中断 (EXTINTn)

EXTINTn 是一种开漏输出类型缓冲器失效防护 IO。当 PCB 布线连接到焊盘并且外部输入未被主动驱动时，建议连接外部上拉电阻器。开漏输出类型缓冲器 IO 在 IO 上拉至 3.3V 时具有指定的压摆率。建议使用 RC 来限制压摆率。

有关更多信息，请参阅 [常见问题解答] [AM625/AM623/AM625SIP/AM625-Q1/AM620-Q1/AM62A7/AM62A3/AM62P/AM62P-Q1 定制电路板硬件设计 - EXTINTn 引脚上拉连接](#)。常见问题解答是通用的，也可用于 AM62D-Q1 处理器系列。

#### 7.3.1.6.1 外部中断 (EXTINTn) 检查清单

##### 一般

检查并验证定制原理图设计的以下内容：

1. 上述部分，包括相关应用手册和常见问题解答链接
2. 引脚属性（开漏输出 IO 缓冲器）和信号描述
3. 电气特性（拉至 3.3V 时的失效防护和压摆率要求）、时序参数和任何其他可用信息
4. 当连接了信号布线并且未主动驱动时，建议使用外部上拉
5. EXTINTn 是一种开漏输出类型缓冲器失效防护 IO。当连接布线或外部输入时，建议使用外部上拉电阻
6. 开漏输出类型 IO。当拉至 3.3V 电源时，EXTINTn 具有指定的压摆率限制。在输入端添加一个 RC。请参阅 TMD564EVM

##### 原理图审阅

定制原理图设计请遵循以下列表：

1. 使用的上拉电阻值。与 SK 原理图进行比较
2. 以处理器 IO 电源组 VDDSHVx 为基准的上拉电阻（上拉电阻连接到正确的电压电平）
3. 压摆率控制的 RC 配置和使用的 RC 值。请参阅 TMD564EVM

#### 7.3.1.7 MAC (介质访问控制器) 到 MAC 接口

对于需要在处理器之间进行无 EPHY (MAC 至 MAC) 连接的应用，建议使用 RGMII 接口（请与 TI 联系以了解官方是否支持 MAC 至 MAC 接口），因为时钟可进行源同步。

当使用 2 个处理器之间的 MAC 至 MAC 接口时，验证失效防护运行情况、时钟规格匹配以及 IO 级兼容性。

#### 7.3.1.8 MDIO (管理数据输入/输出) 接口

用于 MDIO 接口的处理器 IO 由 VDDSHV2 (双电压 IO) 电源轨 (IO 组 2 的 IO 电源) 供电。

建议为 MDIO0\_MDIO (MDIO 数据) 信号连接外部上拉电阻 (靠近 EPHY)。

在配置 MDIO 接口之前，请参阅公告文章 [i2329 MDIO：处理器特定器件勘误表的 MDIO 接口损坏 \(CPSW 和 PRU-ICSS\)](#)。

#### 7.3.1.9 包括磁性元件在内的以太网 MDI (介质相关接口)

如果在处理器板上实现了包括磁性元件和 RJ45 连接器在内的 EPHY 和 MDI 接口，请遵循处理器特定 SK 的 MDI 接口连接、SK 上使用的建议磁性元件、外部 ESD 保护以及 RJ45 连接器屏蔽层连接至电路接地。

#### 7.3.1.10 电源轨的电容器

验证是否为 VDDSHV2 (双电压 IO) 电源轨和附加器件 (内核和 IO 电源) 提供了所需的大容量电容器和去耦电容器。

如果没有可用的建议，请遵循处理器特定 SK 实现。

### 7.3.1.11 以太网接口检查清单

#### 一般

检查并验证定制原理图设计的以下内容：

1. 上述部分，包括相关应用手册和常见问题解答链接
2. 引脚属性和信号说明
3. 电气特性、时序参数和任何其他可用信息
4. MAC 接口配置和建议连接，包括串联电阻（在处理器 MAC TDn 输出引脚附近的 TDn 信号上，以及用于 RDX 信号的所连接器件附近的可选  $0\ \Omega$  串联电阻上）
5. 处理器 MAC 和 EPHY（所连接器件）之间具有 IO 级兼容性。建议将所连接器件 IO 电源和以接口信号为基准的 IO 电源组（IO 电源轨）VDDSHV2 连接到同一个电源
6. 处理器和 EPHY 时钟规格匹配
7. EPHY 和处理器 MAC 的时钟，包括根据 EPHY 配置和时钟架构添加缓冲器（使用通用振荡器和缓冲器或 RMII 接口）。当时钟输出连接到多个输入时，必须使用单独的缓冲器对每个时钟输入进行缓冲
8. 接口连接、IO 级兼容性、失效防护操作（当 MAC 使用不同的电源供电时）和使用 MAC 至 MAC 接口时的时钟规格匹配
9. MDIO 接口连接，包括在 EPHY 附近添加的 MDIO 数据的上拉电阻。MDIO 连接到多个器件，并在每个 EPHY 附近添加上拉电阻
10. 当使用 2 个 EPHY 时，配置 EPHY 器件地址以通过 MDIO 接口读取内部寄存器
11. EPHY 复位逻辑的实现。当使用 2 个 EPHY 时，建议提供单独复位 EPHY 的配置。当用于引导时，可以使用一个 2-3 输入“与运算”逻辑
12. 如果需要实现以太网引导，请验证勘误表、支持的 EPHY 接口配置、使用与建议的 MAC 接口端口以及建议的时钟和接口连接

#### 原理图审阅

定制原理图设计请遵循以下列表：

1. 提供了靠近处理器输出引脚的处理器 MAC 发送信号 TDn 的串联电阻，并使用初始值（ $0\ \Omega$  或  $22\ \Omega$ ）
2. 验证 EPHY 复位实现，包括“与运算”逻辑、EPHY 复位输入拉电阻，并根据需要与 SK 进行比较
3. 使用 2 个 EPHY 且需要 MDIO 接口时，验证 EPHY 器件地址配置
4. 在 EPHY 附近提供 MDIO 数据上拉
5. 验证 IO 电平兼容性 - 以处理器接口信号为基准的附加器件 IO 电源和 IO 电源组（IO 电源轨）连接到同一电源
6. 使用 TI EPHY 时，将用于所有 EPHY 电源轨的大容量电容器和去耦电容器与 SK 原理图进行比较
7. 为 EPHY 复位“与运算”逻辑的处理器 GPIO 输入提供上拉电阻
8. 不允许 MDIO 时钟上的上拉电阻（EPHY 可能具有内部下拉电阻 - 在数据表中验证）
9. 电源轨连接遵循 ROC
10. 当连接了多个 EPHY 时，提供单独复位 EPHY 的配置。根据需要在 EPHY 复位输入端添加拉电阻

#### 其他

1. 使用 TI EPHY 时，请按照以下步骤操作：
  - 让相关 BU/PL 审查 EPHY 实施
  - 验证双电源配置和三电源配置的电源序列要求
  - 根据 EPHY 数据表验证 RBIAS 电阻器容差
  - 选择具有集成磁性元件的 RJ45 连接器，请遵循 SK
  - 为 MDI 信号提供外部 ESD 保护
  - 将 RJ45 连接器屏蔽层连接到电路接地
  - 提供了建议的大容量电容器和去耦电容器（根据需要参阅 SK）
2. 使用单输出、单缓冲器器件或者双输出或多输出缓冲器将振荡器的时钟输出连接到处理器和 EPHY。对于特定用例（使用时间敏感网络 (TSN) 的某些工业应用的要求），建议将输入和两个或更多输出（根据所使用的 EPHY 数量）缓冲器用于处理器和 EPHY
3. 当 EPHY 配置为 RMII 从器件（外设）时，建议使用具有通用输入的双输出相位对齐缓冲器。

4. 如果空间不受限制, 请考虑在 EPHY 附近的 RX 信号上添加 0 Ω 串联电阻器
5. “与运算”逻辑还会执行电平转换。在优化复位“与运算”逻辑之前, 请验证复位 IO 电平兼容性。IO 电平不匹配会导致电源泄漏并影响处理器运行
6. 为了简化“与运算”逻辑, 请使用 2 输入与门并将 RESETSTATz 和处理器 IO 作为输入
7. 根据数据表验证设计建议, 或考虑所连接器件的 EVM 实施, 包括端接和外部 ESD 保护

### 7.3.2 通用串行总线 (USB2.0)

处理器提供 2 个可配置为主机、器件或双角色器件 (DRD) 的 USB2.0 接口。

建议按照器件特定数据表的 *USB 设计指南* 一节连接 USBn\_VBUS (n = 0-1)。器件特定数据表的 *建议运行条件* 一节中定义了 USBn\_VBUS 引脚的电源电压范围。当 VBUS 电源电压电平为 5V 时, 所施加的标称电压值等于电阻分压器输出。

USBn\_ID 功能由任一处理器 GPIO 支持。

---

#### 备注

USBn\_VBUS 为失效防护输入。失效防护输入仅在 VBUS 电源通过建议的 *USB VBUS 检测分压器/钳位电路* 连接时才有效。

---

#### 7.3.2.1 使用 USBn (n = 0-1)

建议将 USB 电源 VDDA\_CORE\_USB (USB0 和 USB1 内核电源)、VDDA\_1P8\_USB (USB0 和 USB1 1.8V 模拟电源) 和 VDDA\_3P3\_USB (USB0 和 USB1 3.3V 模拟电源) 连接到器件特定数据表中推荐的电源轨。

直接连接 USBn\_DM (n = 0-1) 和 USBn\_DP (n=0-1) 信号 (无需任何串联电阻或电容器)。使用不包含任何残桩或测试点的布线对 USBn 信号进行布线。

在 USBn\_RCALIB (n=0-1) (靠近处理器) 和 VSS 之间连接一个电阻器。有关建议电阻值和容差, 请参阅处理器特定数据表。

##### 7.3.2.1.1 USB 主机接口

建议提供一个电源开关来控制外部连接器件的 VBUS 电源, 并防止电源开关输入电源过载。

电源开关输出连接到 USB Type-A 连接器。建议将电容器 (> 120 μF) 连接到靠近连接器的 VBUS 电源。

带内部下拉电阻的 USBn\_DRVVBUS (n = 0-1) 信号用于启用 VBUS 电源开关。建议在电源开关使能 (EN) 引脚附近使用外部下拉电阻。USBn\_VBUS 的连接 (VBUS 电源输入, 包括分压器、钳位) 是可选的。

如果使用的电源开关具有 OC (过流) 指示输出, 则上拉 OC 指示输出并连接到处理器 IO (输入)。

##### 7.3.2.1.2 USB 器件接口

VBUS 电源由外部主机供电。器件运行的 USB 标准建议将 < 10 μF 的电容器连接到靠近 USB B 型连接器的 VBUS。

在连接到 USBn\_VBUS 引脚之前, 请按照处理器特定数据表的 *USB VBUS 设计指南* 一节调节 USB VBUS 电压 (USB 接口连接器附近的电源)。

根据用例, 如果确定电路板不会遇到高于 5.5V (板载供电) 的 VBUS 信号电势, 则删除齐纳二极管。

##### 7.3.2.1.3 USB 双角色器件接口

如果定制电路板设计中使用了 USB Micro-AB 连接器, 则来自该连接器的 USBn\_ID 信号可路由到处理器 GPIO 引脚。USBn\_ID 可以连接到任何可用的 GPIO 引脚。该 GPIO 引脚在电路板器件树文件中指定, 包括 GPIO 引脚的引脚多路复用 (pinmux) 设置。

---

#### 备注

不支持完全兼容的 USB On-The-Go (OTG) 特性。ID 引脚未进行外部键合。

---

### 7.3.2.1.4 USB Type-C®

如果定制电路板设计使用 USB Type-C® 连接器，则不需要连接 USBn\_ID 信号。DRD 模式开关由 USB Type-C 配套器件控制。

DRP ( 双角色端口 ) 需要一个控制器，主要用于根据协商的角色切换电源。在器件不是由 USB Type-C 连接器供电的 USB Type-C 实现方案 ( 仅限器件模式、USB2.0 ) 中，无需 USB Type-C 控制器。

- 连接器上的 CC 引脚需要通过 5.1k $\Omega$  电阻独立接地。
- USB DP 和 USB DM 连接器引脚在 PCB 上短接 ( DM=B7:A7, DP=B6:A6 )。无论电缆方向如何，短接都能实现 USB2.0 连接。应使产生的残桩尽可能短。

有关 USBn\_VBUS 输入调节建议的更多详细信息，请参阅处理器特定数据表的 *USB VBUS 设计指南* 一节。

AM62 SK USB0 接口设计可用作实现 USB Type-C 接口的参考。

### 7.3.2.2 不使用 USBn ( n = 0-1 )

当不使用 USB0 和/或 USB1 时，接口信号和 USB 电源有特定的连接要求。

有关连接接口信号和 USB 电源引脚的信息，请参阅器件特定数据表的 *引脚连接要求* 一节。

建议通过单独的 0 $\Omega$  电阻将 USB 电源 ( VDDA\_CORE\_USB、VDDA\_1P8\_USB 和 VDDA\_3P3\_USB ) 连接到 VSS。

如果使用 USB0 或 USB1 进行未来扩展，请使用尽可能短的布线来连接信号 ( USBn\_DM、USBn\_DP、USBn\_RCALIB 和 USBn\_VBUS )，并连接至测试点或连接器。此外，建议提供连接所需的 USB 电源的配置。

### 7.3.2.3 其他信息

将 USBn\_DM 和 USBn\_DP 信号直接从处理器连接到 USB 集线器上游端口。然后，集线器根据需要将 USBn 信号分配到下行端口。由于每个集线器的实施要求不同，建议遵循集线器制造商的建议。

有关 USB2.0 接口的更多信息，请参阅 [\[常见问题解答\] AM625/AM623/AM625SIP/AM625-Q1/AM620-Q1 定制电路板硬件设计 - USB2.0 接口](#)。这是通用常见问题解答，也可用于 AM62A7 / AM62A3 / AM62A7-Q1 / AM62A3-Q1 和 AM62D-Q1 系列处理器。

### 7.3.2.4 USB 接口检查清单

#### 一般

检查并验证定制原理图设计的以下内容：

1. 上述部分，包括相关应用手册和常见问题解答链接
2. 引脚连接要求、引脚属性和信号说明
3. 引用了电气特性、时序参数和任何其他可用信息的特定标准
4. 所需的 USB 接口配置 ( 主机或器件 ) 和建议的连接
5. 基于 USB 接口配置的 USB VBUS 设计指南。在主机配置下，USBn\_VBUS 连接是可选的。不允许或不建议将 5V 电源从 USB 连接器直接连接到 USBn\_VBUS 引脚。不允许或不建议更改数据表中 VBUS 的建议分频器值。仅当实现了建议的分频器值时，IO 的 VBUS 失效防护功能才有效
6. 连接建议的 IO 校准电阻器
7. 连接建议的 USB 电源，包括滤波
8. USB 信号直接连接
9. EMI/EMC 控制可使用共模扼流圈。添加共模扼流圈可能会降低信号振幅并降低性能。添加使用 0 $\Omega$  电阻器绕过 CMC 的配置
10. 差分信号和差分阻抗的标识
11. 当 USB 接口配置为主机时，实现 USB 电源开关
12. 使用 DRVVBUS 进行 USB 电源开关使能控制 ( 复位期间启用内部下拉 )
13. 将电源开关 OC 输出连接到处理器 IO
14. 将 USB 信号连接到 USB 连接器



15. 在 USB 连接器的 USB VBUS 引脚上提供建议的电容器
16. 为 USB 接口提供所需的外部 ESD 保护
17. 如果实现了 USB 引导，请验证勘误表、支持的接口配置、USB 端口和连接

## 原理图审阅

定制原理图设计请遵循以下列表：

1. USB 接口连接符合所需的 USB 接口配置（主机或器件）。将接口连接与 SK 进行比较
2. 外部 ESD 保护和 CMC 实现，可使用 0Ω 电阻器进行旁路
3. VBUS 分压器值（请参阅数据表）和容差（1%）。请遵循数据表中的建议。只要保持值、容差和比率，就允许使用多个电阻器
4. 使用的 VBUS 电容器值与要求（请参阅 SK）
5. 电源开关使能连接（如果使用处理器 USBn\_DRVVBUS，则不建议也不允许使用上拉电阻，因为 DRVVBUS 启用了内部下拉电阻）
6. 将电源开关 OC 输出连接到处理器 IO 和 IO 电平兼容性
7. 电源轨连接遵循 ROC

## 其他

1. 如果实现了 Type-C USB 接口，请让相关 BU/PL 验证该实现
2. 滤波电源（铁氧体和电容器）用于 VDDA\_CORE\_USB 和 VDDA\_1P8\_USB。VDDA\_3P3\_USB 可以连接到 3V3 SYS 电压。由于滤波器正在持续优化，因此请参阅具体和最新的 SK 来实现
3. 验证 USB 接口的失效防护运行情况。在电源斜升之前施加外部接口信号会导致馈电并影响处理器性能
4. 在 USB 数据线上使用 CMC 时，请验证连接（包括极性）。反转极性会使数据信号短路
5. DNI USBn\_DRVVBUS 上拉和下拉电阻，用于实现从深度睡眠状态唤醒

### 7.3.3 通用异步收发器 (UART)

验证 UART 接口（外部通信接口或调试）和配置（2 线或 4 线带流量控制）的应用要求。有关支持的 UART 实例数，请参阅处理器特定数据表。

使用外部收发器时，使外部接口信号 IO 电平与双电压 IO 电源电压电平匹配。建议使用同一电源为收发器的 IO 电源和处理器 IO 电源轨供电。根据需要验证失效防护运行情况和上拉电压基准。

建议在接口信号上靠近源极的位置配置串联电阻，用于隔离或调试。

建议在处理器 UART 接收引脚（UARTn\_RXD (n = 0-6)、MCU\_UART0\_RXD 和 WKUP\_UART0\_RXD）上使用上拉电阻。验证外部接口信号上拉电阻的可用性，并相应地配置拉电阻。

如果处理器的接口信号直接连接到外部输入，建议使用外部 ESD 保护。

UART 接口经常连接错误。按如下方式连接信号：

- TX 到 RX
- RX 到 TX

如果使用了其他接口信号，请验证连接。

当调试接口 UART 信号直接连接到外部接口时，注意失效防护运行情况和 IO 电平。提供外部 ESD 保护配置。

#### 7.3.3.1 通用异步接收器/发送器 (UART) 检查清单

##### 一般

检查并验证定制原理图设计的以下内容：

1. 上述部分，包括相关应用手册和常见问题解答链接
2. 引脚属性和信号说明
3. 电气特性、时序参数和任何其他可用信息
4. 在源极附近为所有接口信号添加串联电阻，以更大限度地减少反射或隔离，从而进行测试

5. 为任何处理器或所连接器件 IO 添加了可悬空的并联拉电阻
6. 接口信号极性和连接
7. 当接口信号直接连接到外部输入时，可提供外部 ESD 保护
8. 所需速度、已编程波特率与支持的波特率之间的关系，以及时钟分频器不匹配导致的所需与计算误差之间的关系

## 原理图审阅

定制原理图设计请遵循以下列表：

1. 使用的上拉电阻值 (10k $\Omega$ ) 并与 SK 原理图进行比较。
2. 使用的串联电阻值 (22 $\Omega$ ) 和放置位置 (靠近源极)。
3. 以相应 UART 实例和信号的处理器 IO 电源组 VDDSHVx 为基准的上拉电阻。
4. 处理器 IO 电源组 VDDSHVx 和所连接器件 IO 电源来自同一电源。
5. 处理器 IO 不具有失效防护功能。在处理器电源斜升之前，请勿施加输入。
6. 电源轨连接遵循 ROC。

## 其他

1. 验证连接到外部接口信号时的失效防护操作。在处理器电源斜坡之前施加外部输入信号会导致馈电并影响处理器性能。
2. 根据数据表验证是否已考虑为所连接器件实施 EVM (包括端接和外部 ESD 保护)。

### 7.3.4 控制器局域网 (CAN)

有关支持的 CAN 实例数，请参阅器件特定数据表。处理器的 CAN 接口包括外部 CAN 收发器。

使用外部收发器时，使外部接口信号电平与双电压 IO 电源电压电平匹配。

提供 CAN 收发器所需的端接。

建议在接口信号上配置串联电阻 (靠近源极) 用于隔离或调试。

#### 7.3.4.1 控制器局域网检查清单

## 一般

检查并验证定制原理图设计的以下内容：

1. 上述部分，包括相关应用手册和常见问题解答链接
2. 引脚属性和信号说明
3. 电气特性、时序参数和任何其他可用信息
4. 为所有接口信号添加串联电阻，以更大限度地减少反射或隔离，从而进行测试
5. 为任何处理器或所连接器件 IO 添加了可悬空的并联拉电阻

## 原理图审阅

定制原理图设计请遵循以下列表：

1. 使用的串联电阻值 (0 $\Omega$ ) 和放置位置 (靠近源极)
2. 以相应 CAN 实例和引脚的处理器 IO 电源组 VDDSHVx 为基准的上拉电阻
3. 处理器 IO 电源组 VDDSHVx 和所连接器件 IO 电源来自同一电源
4. 处理器 IO 不具有失效防护功能。在处理器电源斜升之前，不能施加任何输入
5. 电源轨连接遵循 ROC

## 其他

1. 验证连接到外部接口信号时的失效防护操作。在处理器电源斜坡之前施加外部输入信号会导致馈电并影响处理器性能。
2. 根据数据表验证是否已考虑为附加器件实施 EVM (包括端接和外部 ESD 保护)。

## 7.4 板载同步通信接口 ( MCSPI、MCASP 和 I2C )

### 7.4.1 多通道串行外设接口 (MCSPI) 和多通道音频串行端口 (MCASP)

为 SPI 时钟输出 SPI0..2\_CLK (MCSPI 0..2) 和 MCU\_SPI0..1\_CLK (MCU\_MCSPI 0..1) 提供串联电阻 ( 22  $\Omega$  , 靠近处理器 )。

为发送时钟 ( 发送位时钟 ) 输出 MCASP0...2\_ACLKX 和发送帧同步信号 MCASP0...2\_AFSX 提供串联电阻 ( 22  $\Omega$  , 靠近处理器 )。

为接收时钟 ( 接收位时钟 ) 输出 MCASP0..2\_ACLKR 和接收帧同步信号 MCASP0..2\_AFSR 提供串联电阻 ( 22  $\Omega$  , 靠近所连接器件 )。

上电期间关闭处理器 IO 缓冲器。验证是否为 SPI 片选信号 SPI0..2\_CS0..3 (MCSPI 0..2) 和 MCU\_SPI0..1\_CS0..3 (MCU MCSPI 0..1) 提供了外部并联拉电阻 ( 靠近所连接器件 )。将拉电阻器添加到处理器和可悬空的所连接器件输入。

#### 7.4.1.1 MCSPI 检查清单

##### 一般

检查并验证定制原理图设计的以下内容：

1. 上述部分，包括相关应用手册和常见问题解答链接
2. 引脚属性和信号说明
3. 电气特性、时序参数和任何其他可用信息
4. 接口配置和建议的连接 ( 包括 IOSET )
5. 添加到靠近处理器时钟输出引脚的时钟输出的串联电阻器 (22  $\Omega$ )
6. 为任何处理器或所连接的可悬空的 IO 添加了并行下拉 ( 所连接器件时钟输入的下拉电阻 )
7. 本文分析了在连接到多个所连接器件时与性能和信号完整性相关的问题
8. 为所有接口信号添加串联电阻，以更大限度地减少反射或隔离，从而进行测试
9. SPI 数据 0 和 SPI 数据 1 位 ( 数据方向 ) 的配置

##### 原理图审阅

定制原理图设计请遵循以下列表：

1. 使用的上拉电阻值 (10k  $\Omega$ )
2. 使用的串联电阻值 (22  $\Omega$ ) 和放置位置 ( 靠近处理器引脚 )
3. 以相应 MCSPI 实例和引脚的处理器 IO 电源组 VDDSHVx 为基准的上拉电阻
4. 处理器 IO 电源组 VDDSHVx 和所连接器件 IO 电源来自同一电源
5. 电源轨连接遵循 ROC

##### 其他

1. 验证连接到载板时的失效防护运行情况。在电源斜坡之前施加外部输入会导致馈电并影响处理器性能
2. 根据数据表验证是否已考虑为所连接器件实施 EVM ( 包括端接 )

#### 7.4.1.2 MCASP 检查清单

##### 一般

检查并验证定制原理图设计的以下内容：

1. 上述部分，包括相关应用手册和常见问题解答链接
2. 引脚属性和信号说明
3. 电气特性、时序参数和任何其他可用信息
4. MCASP 接口配置和建议的连接 ( 包括 IOSET )
5. 添加到靠近处理器时钟输出引脚的时钟输出 ( 发送位时钟、帧同步 ) 的串联电阻器 22  $\Omega$

6. 为任何处理器或所连接的可悬空的 IO 添加了并行下拉 ( 时钟输出的下拉电阻 )
7. 本文分析了在连接到多个所连接器件时与性能和信号完整性相关的问题
8. 为所有接口信号添加串联电阻, 以更大限度地减少反射或隔离, 从而进行测试

## 原理图审阅

定制原理图设计请遵循以下列表:

1. 使用的上拉电阻值 (10k $\Omega$ ) 并与 SK 原理图进行比较
2. 使用的串联电阻值 (22 $\Omega$ ) 和放置位置 ( 靠近处理器引脚 )
3. 以相应 MCASP 实例和引脚的处理器 IO 电源组 VDDSHVx 为基准的上拉电阻
4. 处理器 IO 电源组 VDDSHVx 和所连接器件 IO 电源来自同一电源
5. 电源轨连接遵循 ROC

## 其他

1. 验证连接到外部信号时的失效防护运行情况。在电源斜坡之前施加外部输入会导致馈电并影响处理器性能
2. 根据数据表验证是否已考虑为所连接器件实施 EVM ( 包括端接和外部 ESD 保护 )
3. 可以将两个器件连接到 MCASP。在对位时钟进行布线 ( 发送位时钟和接收位时钟 ) 时, 建议遵循良好或建议的布局实践。使用 IBIS 模型检查信号完整性

### 7.4.2 内部集成电路 (I2C)

验证应用是否需要完全符合 I2C 总线规范的 I2C 接口。MCU\_I2C0 和 WKUP\_I2C0 是真正的开漏输出型缓冲器, 具有失效防护且完全符合 I2C 规范。I2C 可以支持 3.4Mbps I2C 运行 ( 当 IO 缓冲器 ( 接口 ) 在 1.8V 下运行时 )。

#### 备注

对于具有开漏输出类型缓冲器 ( MCU\_I2C0 和 WKUP\_I2C0 ) 的 I2C 接口, 无论使用何种外设和 IO 配置, 都建议使用外部上拉。

请参阅处理器特定数据表的 [引脚连接要求](#) 一节。建议使用 4.7k $\Omega$  或类似的拉电阻。

当开漏输出型缓冲器 I2C 接口被拉至 3.3V 电源时, 输入具有指定的压摆率限制。可使用 RC 来限制压摆率。有关 RC 实现, 请参阅 [入门套件 SK-AM62P-LP](#)。

有关更多信息, 请参阅 [将电源轨连接到上拉电阻](#) 一节。

如果需要额外的 I2C 接口, 请使用 I2C0-3 接口。

I2C0-3 接口使用 LVCMOS 输出类型缓冲器 IO 来模拟开漏输出型缓冲器, 并且不完全符合 I2C 规范, 尤其是下降沿的速度很快 ( 小于 2ns )。连接到 I2C0-3 端口的所有器件都需要在下降时间更短的情况下正常运行。I2C0-3 端口支持 100kHz 和 400kHz 工作频率。为 I2C 接口配置 IO 时, 建议对 I2C 信号使用上拉电阻。使用尽可能短的残桩连接上拉电阻。

最好为 I2C 接口信号配备串联电阻 (0 $\Omega$ )。对于 I2C0-3 接口, 可以使用串联电阻来控制下降沿压摆率。该值取决于定制电路板设计并在测试后最终确定。

有关更多信息, 请参阅以下常见问题解答:

[\[常见问题解答\] AM62A7/AM62A3 定制电路板硬件设计 - I2C 接口](#)

[\[常见问题解答\] AM62A7-Q1 : MCU\\_I2C0 和 WKUP\\_I2C0 的内部拉电阻配置寄存器](#)

常见问题解答是通用的, 也可用于 AM62D-Q1 处理器系列。

如果计划使用 TI 提供的软件, 请将推荐的处理器 I2C 接口连接到 PMIC, 因为 I2C0 是用于 PMIC 控制的 I2C 接口。



---

**备注**

当使用 I2C3 接口时，请参阅处理器特定数据表 *时序和开关特性*、*外设*、*I2C* 一节中的 I2C3 注释（可以多路复用到多个引脚）。

---

**备注**

定制电路板设计期间，请参阅处理器特定数据表的 *时序和开关特性 - I2C* 部分的 *例外情况*。请注意数据表中模拟 I2C 接口的例外情况。添加低通滤波器以减少下降时间或接口速度，从而匹配时序。

---

#### 7.4.2.1 I2C 接口开漏输出类型缓冲器检查清单

##### 一般

检查并验证定制原理图设计的以下内容：

1. 上述部分，包括相关应用手册和常见问题解答链接
2. 引脚连接要求（复位期间，启用 RX 缓冲器。无论 IO 配置，都建议使用上拉 4.7kΩ）、引脚属性和信号说明
3. 电气特性（拉至 3.3V 时的失效防护运行和压摆率要求）、时序参数和任何其他可用信息（包括例外情况）
4. 漏极开路 IO 输入端的 RC，用于在拉至 3.3V 时控制压摆率
5. 附加器件地址引脚，通过电阻器 (>1kΩ) 连接到 IO 电源

##### 原理图审阅

定制原理图设计请遵循以下列表：

1. WKUP\_I2C0 和 MCU\_I2C0 控制器具有兼容 I2C 的专用开漏输出型缓冲器
2. 验证使用的上拉电阻值。与 SK 原理图进行比较或根据负载进行计算
3. 连接的 I2C 上拉电源幅度遵循所有失效防护 IO 引脚要求下的稳态最大电压。电源阈值取决于连接到 IO 电源组的电源电压
4. 配置 RC 来控制压摆率和 RC 值
5. 处理器 IO 电源组 VDDSHVx 和所连接器件 IO 来自同一电源
6. 电源轨连接遵循 ROC

##### 其他

1. 根据数据表验证是否已考虑为所连接器件实施 EVM
2. 在设计阶段，请查看数据表的 *时序和开关特性* 的 *I2C 例外情况* 部分

#### 7.4.2.2 I2C 接口仿真开漏输出类型缓冲器检查清单

##### 一般

检查并验证定制原理图设计的以下内容：

1. 上述部分，包括相关应用手册和常见问题解答链接
2. 引脚属性和信号说明
3. I2C 接口配置和推荐的连接（包括 IOSET）
4. 电气特性、时序参数和任何其他可用信息（包括例外情况）
5. 附加器件地址引脚，通过电阻器 (>1kΩ) 连接到 IO 电源
6. 当 IO 配置为 I2C 接口时，建议使用上拉电阻
7. 请注意处理器特定数据表的 *时序和开关特性* 一节中的 I2C 例外情况

##### 原理图审阅

定制原理图设计请遵循以下列表：

1. 验证使用的上拉电阻值
2. 以处理器 IO 电源组 VDDSHVx 为基准的上拉电阻（I2C 上拉电阻连接到正确的电压）

3. 添加用于下降时间控制的串联电阻（低通滤波器）
4. 失效防护接口（仿真 IO 不具有失效防护功能，在处理器电源电压斜升之前不能施加任何输入）
5. 处理器 IO 电源组 VDDSHVx 和所连接器件 IO 来自同一电源
6. 电源轨连接遵循 ROC

### 其他

1. 验证连接到外部信号时的失效防护运行情况。在电源斜坡之前施加外部输入会导致馈电并影响处理器性能
2. 在设计阶段，请查看数据表的*时序和开关特性的 I2C 例外情况*部分
3. I2C 控制器与标准 LVCMOS IO 进行多路复用，连接以仿真开漏

## 7.5 用户接口（CSIRX0、DPI）、GPIO 和硬件诊断

### 7.5.1 摄像头串行接口（CSI-Rx（CSI-2 端口、CSIRX0 实例））

有关支持的数据速率，请参阅器件特定数据表。

#### 7.5.1.1 使用 CSIRX0

处理器 CSIRX0 接口由 CSIRX0 内核电源 VDDA\_CORE\_CSIRX0 和 CSIRX0 1.8V 模拟电源 VDDA\_1P8\_CSIRX0 供电。

在 CSIO\_RXRCALIB（靠近处理器）和 VSS 之间连接一个电阻器。有关建议电阻值和容差，请参阅处理器特定数据表。

有关 CSIRX0 的更多信息，请参阅 [\[常见问题解答\] AM625/AM623/AM625SIP/AM625-Q1/AM62A/AM62P 定制电路板硬件设计 - CSI-2 功能](#)。常见问题解答是通用的，也可用于 AM62D-Q1 处理器系列。

#### 7.5.1.2 未使用 CSIRX0

不使用时，CSIRX0 对接口信号和电源有特定的连接要求。

有关连接接口信号、电源（内核和模拟）的信息，请参阅处理器特定数据表的*引脚连接要求*一节。

使用边界扫描功能时，CSIRX0 电源（VDDA\_CORE\_CSIRX0 和 VDDA\_1P8\_CSIRX0）需要连接到推荐的电源轨。建议在电源引脚上使用去耦电容器。大容量电容器和铁氧体是可选项。

当不使用边界扫描功能时，通过单独的 0 Ω 电阻器将 CSIRX0 电源（VDDA\_CORE\_CSIRX0 和 VDDA\_1P8\_CSIRX0）连接到 VSS。不建议组装去耦电容器、大容量电容器和铁氧体。

#### 7.5.1.3 CSIRX0 检查清单

##### 一般

检查并验证定制原理图设计的以下内容：

1. 上述部分，包括相关应用手册和常见问题解答链接
2. 引脚连接要求、引脚属性和信号说明
3. 电气特性、时序参数和任何其他可用信息
4. 连接建议的 IO 校准电阻器
5. CSIRX0 接口信号与连接器件的连接，包括极性
6. 差分信号和差分阻抗的标识

##### 原理图审阅

定制原理图设计请遵循以下列表：

1. 将 CSIRX0 接口信号连接到所连接器件
2. 使用 CSIRX0 接口时，使用铁氧体和电容器作为 CSIRX0 模拟和内核电源
3. 未使用 CSIRX0 接口时，使用可选铁氧体、大容量电容器和 IO 校准电阻器连接 CSIRX0 模拟和内核电源。但是，需要边界扫描功能

4. 不使用边界扫描时的引脚连接要求
5. 电源轨连接遵循 ROC

## 其他

1. 是否需要外部 ESD 保护取决于用例
2. 验证连接到外部信号时的失效防护运行情况。在电源斜坡之前施加外部输入会导致馈电并影响处理器性能

### 7.5.2 显示子系统

#### 7.5.2.1 显示并行接口 (DPI)

##### 7.5.2.1.1 AM62A7/AM62A3/AM62A7-Q1/AM62A3-Q1

请参阅以下常见问题解答：

[\[常见问题解答\] AM625/AM623/AM625SIP/AM625-Q1 定制电路板硬件设计 - 显示并行接口 \(DPI\) 24 位 RGB。](#)这是通用常见问题解答，也可用于 AM62A7/AM62A3/AM62A7-Q1/AM62A3-Q1 处理器系列。

##### 7.5.2.1.1.1 IO 电源

处理器 DPI 接口由 VDDSHV3 ( 双电压 IO ) 电源轨 ( IO 组 3 的 IO 电源 ) 供电。

##### 7.5.2.1.1.2 DPI ( 连接器件 ) 复位

建议使用双输入“与运算”逻辑来实现所连接器件的复位。其中一个与门输入连接到处理器通用输入/输出 (GPIO)，在输入端附近提供上拉电阻 ( 以支持引导 ) 和  $0\Omega$  配置，以隔离 GPIO 用于测试或调试。与门的另一个输入是主域热复位状态输出 (RESETSTATz) 信号。

如果不使用“与运算”逻辑且使用处理器主域热复位状态输出 (RESETSTATz) 来复位所连接器件，请确保所连接器件的 IO 电压电平与 RESETSTATz IO 电压电平匹配。建议使用电平转换器来匹配 IO 电压电平。

##### 7.5.2.1.1.3 连接

验证显示 (RGB) 连接。

接口支持包括 12、16、18 和 24 位 RGB 有源矩阵显示。当仅将 16 位数据连接到 18 位面板 ( BGR565 到 BGR666 ) 时，请将 D0-D4 连接到 LCD 上的 B1-B5，将 D5-D10 连接到 LCD 上的 G0-G5，并将 D11-D15 连接到 LCD 上的 R1-R5。在 18 位面板上，将 B0 连接到 B5，将 R0 连接到 R5。

##### 7.5.2.1.1.4 信号连接

为 VOUT0\_PCLK ( 像素时钟输出 ) 提供连接串联电阻 (  $0\Omega$  ，靠近处理器 ) 的配置。如果空间不受限制，建议为所有其他控制 and 数据引脚添加串联电阻 (  $0\Omega$  )。

##### 7.5.2.1.1.5 电源轨的电容器

验证是否为 VDDSHV3 ( 双电压 IO ) 电源轨和连接器件提供了所需的大容量电容器和去耦电容器。

如果没有可用的建议，请遵循处理器特定 SK 实现。

##### 7.5.2.1.1.6 DPI (VOUT0) 检查清单

## 一般

检查并验证定制原理图设计的以下内容：

1. 上述部分，包括相关应用手册和常见问题解答链接
2. 引脚连接要求、引脚属性和信号说明
3. 电气特性、时序参数和任何其他可用信息
4. 为靠近处理器的时钟输出添加串联电阻  $0\Omega$
5. 用于控制 and 数据接口信号的可选串联电阻

## 原理图审阅

定制原理图设计请遵循以下列表：

1. 连接接口信号，包括处理器与连接器件 RGB 和控制信号的 DPI 引脚映射
2. 电源轨连接遵循 ROC
3. 比较使用的 DPI IO 电源的去耦电容器与相关 SK

## 其他

1. 是否需要外部 ESD 保护取决于用例

### 7.5.2.1.2 AM62D-Q1

不支持接口。

## 7.5.3 通用输入/输出 (GPIO)

### 7.5.3.1 处理器 GPIO 上 CLKOUT 的可用性

MCU\_OSC0\_XO 的缓冲输出在 AM62Ax 和 AM62Dx 处理器系列的 WKUP\_CLKOUT0 上复位后可用。

### 7.5.3.2 连接和外部缓冲

建议添加一个串联电阻（其值取决于用例）来限制电流。当需要更高（高于数据表规定值）的电流源时，从外部缓冲 GPIO 输出。

通用处理器 LVCMOS IO 接口指南：

1. 大多数处理器 IO 都没有失效防护功能。在电源斜升之前，不能施加任何输入。
2. 处理器 LVCMOS IO 指定了压摆率要求，建议不要应用慢速斜坡输入或在输入端连接电容器。
3. 不建议在输出端连接一个 50pF 或更大的电容器负载。DNI 电容器或根据用例执行仿真。
4. 复位期间处理器 IO 缓冲器关闭。需要在由处理器 IO 驱动且可悬空的所连接器件附近放置拉电阻。
5. 任何连接了布线的处理器 IO 都需要一个并联拉电阻。当添加拉电阻是不可行时，请将布线远离噪声信号。

验证处理器输出的电容器负载（当任何电容值小于 47pF（取决于用例，允许的最大值）已连接时，设计人员必须进行仿真）、输入信号的压摆率（LVCMOS 输入压摆率为 1000ns 或更小）、IO 兼容性以及处理器 IO 与所连接器件之间的失效防护运行情况。

### 7.5.3.3 其他信息

除非另有说明，否则未使用的接口上的引脚或焊盘通常可以保留为无连接状态。许多 IO 都有一个焊盘配置寄存器可用于控制 IO 的输入功能（每个 `conf_<module>_<pin>` 寄存器中的 `RXENABLE` 字段）。更多详细信息，请参阅处理器特定 TRM 的 *控制模块* 一章。在初始化期间，软件可尽快禁用设计中未连接的 IO 接收缓冲器（即 `RXENABLE=0`）。当相关引脚悬空时，软件不得意外启用 IO 接收器（通过设置 `RXENABLE` 位）。

---

#### 备注

如需了解配置某些未使用的引脚的具体指导信息，请参阅处理器特定数据表的 *引脚连接要求* 一节。

---



---

#### 备注

如需了解有关配置 IO 的具体指导信息，请参阅处理器特定 TRM 的 *焊盘配置寄存器* 一章。

---

有关未使用的处理器外设和 IO 的更多信息，请参阅 [\[常见问题解答\] AM625/AM623/AM62A/AM62P 定制电路板硬件设计的设计建议/常见错误 - SOC 未使用的外设和 IO](#)。

有关已使用的引脚、未使用的引脚和外设处理的更多信息，请参阅 [\[常见问题解答\] AM62x、AM64x、AM243x、定制电路板硬件设计 - 如何处理已使用/未使用的引脚/外设？（例如 GPIO、SERDES、USB、CSI、MMC \(eMMC、SD 卡\)、CSI、OLDI、DSI、CAP\\_VDDSn……）](#)。这是通用常见问题解答，也可用于 AM62A7 / AM62A3 / AM62A7-Q1 / AM62A3-Q1 和 AM62D-Q1 系列处理器。



### 7.5.3.4 GPIO 检查清单

#### 一般

检查并验证定制原理图设计的以下内容：

1. 上述部分，包括相关应用手册和常见问题解答链接。
2. 引脚连接要求和引脚属性。
3. 电气特性以及任何其他可用信息。
4. 施加到处理器 LVCMOS 输入的输入信号符合压摆率要求。在输入端连接一个电容器会增加信号压摆，因此不建议这样做。
5. 不允许将电容负载直接连接到处理器输出以控制或启用所连接器件（建议在使用大于 22pF 的电容负载（用于占位器件的近似值）时进行仿真）。
6. 每个 IO 电源组 VDDSHVx、VDDSHV\_MCU 或 VDDSHV\_CANUART 上的所有 IO 引脚都连接到一个电压电平。每个 IO 都有一个用于为 IO 单元 (VDDSHVx) 供电的相关电源电压。如果 VDDSHVx 由 3.3V (1.8V) 电源供电，则所有以电源轨为基准的 IO 都在 3.3V (1.8V) 电平下运行。
7. 在 VDDSHVx 的电源斜升之前，没有向处理器 IO 施加输入电压（不包括失效防护 IO）。大多数处理器 IO 都没有失效防护功能。当相应 IO 电源域 (VDDSHVx) 关闭时，请勿向 IO 施加电压。当使用建议的 VBUS 分频器时，失效防护 IO 包括 MCU\_PORz、WKUP\_I2C0\_SCL、WKUP\_I2C0\_SDA、EXTINTn 和 USB0-1\_VBUS。
8. IO 接口的一个常见用例是驱动 LED 进行指示。设计人员可以检查拉电流和灌电流以及对电压电平的影响，并相应地调整 LED 电流。
9. 不建议直接将多个 IO 短接在一起。
10. 基于所需 IO 方向的焊盘配置。
11. 禁止或不建议将具有交替功能的处理器 IO 直接连接到电源或 VSS，包括引导模式输入。用户可能遇到固件错误，并且未正确配置用于输入（而是将输出驱动为逻辑高电平）的 LVCMOS GPIO。

#### 原理图审阅

定制原理图设计请遵循以下列表：

1. 为任何处理器或所连接器件 IO 添加了可悬空的拉电阻。
2. 上拉电阻连接到以 IO 作为基准的同一 IO 电源组 VDDSHVx。
3. 连接到处理器 IO 的所有上拉电阻器的电源电压与施加到相应 IO 电源组 (VDDSHVx) 的电压相匹配。将信号拉至错误的 IO 电压会导致器件的 IO 电源轨之间发生电压泄漏。
4. 针对来自不同电路板或通过连接器的外部施加输入的 IO 电平兼容性。
5. 电源轨连接遵循 ROC。

#### 其他

1. 通用处理器 LVCMOS IO 接口指南，请参见 [节 7.5.3.2](#)。
  - 大多数处理器 IO 都没有失效防护功能。在电源斜升之前，请勿施加输入。
  - 处理器 LVCMOS IO 指定了压摆率要求，建议不要应用慢速斜坡输入或在输入端连接电容器。
  - 建议不要在输出端连接一个电容器负载 22pF（用于占位器件的近似值）。DNI 电容器或根据用例执行仿真。
  - 复位期间处理器 IO 缓冲器关闭。需要在由处理器 IO 驱动且可悬空的所连接器件附近放置拉电阻。
2. 任何连接了布线的处理器 IO 都需要一个并联拉电阻。当添加拉电阻是不可行时，请将布线远离噪声信号。在复位和上电期间处理器 IO 缓冲器关闭。建议在所连接器件附近使用上拉电阻，以保持连接器件 IO 输入（可以在已知状态下悬空）。是否使用拉电阻取决于所连接器件。
3. 针对来自附加电路板或载板或通过外部连接器的外部施加输入的 IO 电平兼容性。
4. 连接到外部信号时进行失效防护操作。在电源斜坡之前施加外部输入会导致馈电并影响处理器性能。
5. 处理器输出的电容器负载（当连接任何大于 22pF（占位器件的近似值）的电容器时，设计人员必须进行仿真），输入信号的压摆率（LVCMOS 输入压摆率为 1000ns 或更小）。
6. IO 灌电流或拉电流遵循数据表中的建议。
7. 当 IO 直接连接到外部接口信号时，可提供外部 ESD 保护。

## 7.5.4 板载硬件诊断

### 7.5.4.1 使用处理器电压监测器来监测板载电源电压

电压监控引脚可用于监控外部电源轨。VMON\_1P8\_SOC 和 VMON\_3P3\_SOC 可以直接连接到 1.8V 或 3.3V。VMON\_VSYS 通过外部分压器进行连接，可灵活监控任何电源轨。

#### 7.5.4.1.1 使用电压监测引脚

建议通过一个外部电阻分压器 ( $0.45V \pm 3\%$ ) 将为电路板供电的主电压 (如 5V 或其他电压电平) 连接到 VMON\_VSYS 引脚，以提供早期电源故障指示。建议在电阻分压器输出端实现噪声滤波器 (电容器)，因为 VMON\_VSYS 具有最小迟滞和对瞬态的高带宽响应，如处理器特定数据表的 *系统电源监视器设计指南* 一节所述。将 VMON\_1P8\_SOC 和 VMON\_3P3\_SOC 引脚直接连接到各自的电源。有关允许的电源电压范围，请参阅处理器特定数据表的 *建议运行条件* 部分。

#### 备注

对于 VMON\_VSYS，当遵循处理器特定数据表的 *系统电源监测设计指南* 一节中的建议时，失效防护条件有效。

对于 VMON\_1P8\_SOC 和 VMON\_3P3\_SOC 引脚，当连接的电源电压在处理器特定数据表的 *建议运行条件* 或 *绝对最大额定值* 范围内时，失效防护条件有效。

有关更多信息，请参阅 [\[常见问题解答\] AM625/AM623/AM62A/AM62P/AM64x/AM243x 设计建议/定制电路板硬件设计 - POK VMON 电压监视器](#)。常见问题解答是通用的，也可用于 AM62D-Q1 处理器系列。

#### 7.5.4.1.1.1 电压监视器检查清单

##### 一般

检查并验证定制原理图设计的以下内容：

1. 上述部分，包括相关应用手册和常见问题解答链接
2. 引脚属性和信号说明
3. 建议根据数据表的 *系统电源监测设计指南* 部分提供连接外部电阻分压器的配置，以便使用 VMON\_VSYS 进行早期检测
4. 为了使 VMON\_VSYS 检测有效，请连接 5V 或更高的直流电压
5. VMON\_VSYS - 添加滤波电容器。请参阅处理器数据表的 *系统电源监测设计指南* 一节。电容值由设计人员根据跳闸时间要求来确定
6. 可将 1.8V 直接连接到 VMON\_1P8\_SOC，将 3.3V 直接连接到 VMON\_3P3\_SOC 引脚，无需任何外部滤波电容器

##### 原理图审阅

定制原理图设计请遵循以下列表：

1. 1% 容差的电阻器用于 VMON 分压电阻
2. 添加滤波电容器和选择电容器值 (根据电源架构进行选择)

##### 其他

1. 建议始终使用 VMON\_VSYS 实现电压监控功能，以便及早检测电源故障。VMON\_VSYS 用于进入 PCB 的主输入 (较高) 电压轨的电源故障指示器。例如：5V、12V 或 24V。与 VMON\_VSYS 监视器相关的错误要求将阈值设置为明显低于标称值，以避免误触发。请参阅数据表的 *系统电源监测设计指南* 一节

#### 7.5.4.1.2 不使用电压监测引脚

建议使用 VMON\_VSYS 提供早期电源故障指示。不使用时，请通过单独的  $0\Omega$  电阻将 VMON\_VSYS 和 VMON\_3P3\_SOC 引脚连接到 VSS，并添加用于未来扩展的测试点。

建议将 VMON\_1P8\_SOC 引脚连接到各自的电源。将 VMON\_1P8\_SOC 引脚接地会使内部 1.8V 电源短路。

#### 7.5.4.2 内部温度监测

温度监测器放置在处理器的预期热点附近。在 Linux 中读取片上温度传感器并执行热管理。请参阅 [E2E 主题](#)。

处理器上的电压和热管理器 (VTM) 模块通过提供对片上温度传感器的控制来支持处理器的电压和热管理。

该处理器支持 WKUP 域中的一个 VTM 模块，即 VTM0。

有关更多信息，请参阅 [\[常见问题解答\] AM625 / AM623 / AM62A / AM62P / AM64x / AM243x 设计建议 / 定制电路板硬件设计 - VTM](#)。常见问题解答是通用的，也可用于 AM62D-Q1 处理器系列。

##### 7.5.4.2.1 内部温度监测检查清单

#### 一般

检查并验证定制原理图设计的以下内容：

1. 上述部分，包括相关应用手册和常见问题解答链接
2. 引脚属性和信号说明
3. 建议电源的连接

#### 原理图审阅

定制原理图设计请遵循以下列表：

1. 为 TEMPn (n = 0-2) 电源引脚增加滤波电容器

##### 7.5.4.3 错误信号输出 (MCU\_ERRORn) 的连接

建议根据处理器特定数据表的 [引脚连接要求](#) 一节连接 MCU\_ERRORn 信号以进行测试，或将该信号用于其他板级功能。

##### 7.5.4.4 高频振荡器 (MCU\_OSC0) 时钟丢失检测

该处理器支持通过 HFOSC0 时钟丢失检测电路来检测 HFOSC0\_CLK 故障（停止）情况。专用硬件逻辑使用 CLK\_12M\_RC 时钟来监测 HFOSC0 时钟。当 HFOSC0\_CLK 停止切换的时长达到 9 个 CLK\_12M\_RC 时钟周期时，会检测到 HFOSC0 时钟停止丢失情况。如果设置了 CTRLMMR\_MCU\_PLL\_CLKSEL [8] CLKLOSS\_SWTCH\_EN，则参考时钟将从 HFOSC0\_CLKOUT 切换到 CLK\_12M\_RC，允许该处理器以较慢的时钟运行。

在时钟丢失情况下，该处理器通过 MCU\_ERRORn 引脚（将该引脚驱动为低电平）向外部器件报告错误。恢复机制取决于外部器件（例如由 PMIC 执行操作）。

例如，执行完整的电路板下电上电循环以查看电路板是否恢复。如果电路板未恢复，则该处理器必须指示用户采取替代措施或执行板级测试，例如检查板级系统时钟、外部晶体或电源轨。

## 7.6 验证电路板级设计问题

### 7.6.1 使用 PinMux 工具的处理器引脚配置

建议使用 TI [SysConfig-PinMux](#) 工具验证所有处理器外设和 IO 配置，以确保配置了有效的 IOSET。

有关更多信息，请参阅 SysConfig-PinMux 工具提供的 PinmuxConfigSummary.csv 文件。

### 7.6.2 原理图配置

验证为替代功能或测试提供的电路选项（这些选项不是电路板正常运行所必需的或可能影响定制电路板性能）是否标记为 DNI。

### 7.6.3 将电源轨连接到上拉电阻

将信号上拉电阻连接到错误的 IO 电源轨可能会导致处理器 IO 电源轨之间发生泄漏，影响定制电路板性能或处理器可靠性。每个信号都有一个关联的 IO 电源轨（例如，VDDSHVx [x = 0-6]）。有关更多信息，请参阅处理器特定数据表中的引脚属性表。

要在任何多路复用模式（EHRPWM1\_A、GPIO1\_17 等）下上拉 SPI0\_CLK 信号，请将所连接的信号电源轨上拉至 VDDSHV0。

### 7.6.4 外设（子系统）时钟输出

对于任何具有时钟输出的处理器外设，请配置相应 CTRLMMR\_MCU\_PADCONFIGx、CTRLMMR\_PADCONFIGy 寄存器的 RXACTIVE 位。该位配置是时钟输出正常工作的必需条件。

### 7.6.5 通用板启动和调试

电路板启动提示：

在启动电路板之前，请验证以下事项：

- 使用的处理器和附加器件符合设计要求
- 已检查电路板的元件组装（DNI/请勿安装）并检查电路板的组装（元件焊接）
- 在施加电路板电源和处理器电源斜升之前，没有外部输入连接到处理器 IO 输入

请参阅 [\[常见问题解答\] Sitara 器件 \(AM64x、AM243x、AM62x、AM62Ax、AM62Px\)](#) 的电路板启动提示。常见问题解答是通用的，也可用于 AM62D-Q1 处理器系列。

#### 7.6.5.1 电路板启动、测试或调试的时钟输出

处理器上提供以下时钟输出，仅用于测试和调试：

- OBSCLK0、MCU\_OBSCLK0（推荐）：观察时钟输出

OBSCLK0、MCU\_OBSCLK0 是观察时钟输出，仅用于测试和调试目的。OBSCLK 引脚可用于选择多个不同时钟之一作为输出。我们不希望将 OBSCLK 信号用作任何外部器件的时钟源。如数据表中所述，OBSCLK0 信号仅用于测试和调试目的。

- SYSCLKOUT0（可选）：SYSCLK0 进行 4 分频，然后作为 LVCMOS 时钟信号 (SYSCLKOUT0) 从处理器发出
- MCU\_SYSCLKOUT0（可选）：MCU\_SYSCLK0 进行 4 分频，然后作为 LVCMOS 时钟信号 (MCU\_SYSCLKOUT0) 从处理器发出

如果未使用名称为 OBSCLK0..1、MCU\_OBSCLK0、SYSCLKOUT0、MCU\_SYSCLKOUT0 的处理器引脚，则提供一个测试点用于测试或调试。建议在这些焊盘上添加拉电阻。

如果使用了时钟输出引脚，可在布线上插入一个测试点，并可提供用于将这些信号与所连接器件进行隔离的配置，从而进行测试或调试。

系统时钟输出引脚（MCU\_SYSCLKOUT0 和 SYSCLKOUT0）通过硬接线连接到专用时钟资源。

#### 7.6.5.2 其他信息

建议为 MCU\_RESETSTATz、RESETSTATz 和 PORz\_OUT 提供测试点，以便在不使用时进行测试或调试。

对于具有警报输出、未使用过流指示输出或 PG（电源正常）输出的其他板载器件（直流/直流转换器、LDO 或传感器），提供上拉和测试点用于测试或后续增强。

#### 7.6.5.3 通用板启动和调试检查清单

##### 一般

检查并验证定制原理图设计的以下内容：

1. 添加相关配置，以将可用于调试的 IO 与替代功能隔离
2. 添加相关配置，以便在初始电路板构建期间连接 UART 接口进行调试



3. 添加 JTAG 连接器或测试点配置, 以便连接 JTAG 接口, 包括 ESD 二极管。靠近处理器 JTAG 接口引脚的上拉电阻符合引脚连接要求

## 原理图审阅

定制原理图设计请遵循以下列表:

1. 如果外部接口信号直接连接到处理器 UART 信号, 则为用于调试的 UART 接口提供所需的上拉电阻和串联电阻
2. 当外部接口信号直接连接到处理器 UART 信号时提供外部 ESD 保护

## 其他

1. 处理器 UART 和大多数 IO 信号都没有失效防护功能。建议仅在处理器电源斜升后应用外部输入
2. 建议在处理器电路板断电时断开外部接口信号

请参阅 [\[常见问题解答\] SK-AM62 : 不同 UART 的用途](#)。

## 8 布局注释 (已添加到原理图中)

建议为处理器外设添加必要的设计注释 (例如: USB2.0 接口、以太网接口、摄像头接口、eMMC、OSPI、SD 和其他可用的处理器外设)。添加的注释可能包括电路板引导模式配置、串联和并联电阻的放置、去耦和大容量电容器的放置。

考虑将所需或适用的设计说明添加到处理器连接的器件和板载器件。添加注释有助于理解实现原理。

标记所有差分信号和关键信号并指定目标阻抗 (根据需要)。请参见以下示例:

- 有关 LPDDR4 时钟、地址和控制信号的建议目标阻抗, 请参阅 [AM62Ax、AM62Px、AM62Dx LPDDR4 电路板设计和布局布线指南](#)。
- USB2.0 数据线的差分阻抗必须在  $90\ \Omega$  标称值的额定容差范围内。
- CSI-Rx 信号的差分阻抗必须在  $100\ \Omega$  标称值的额定容差范围内。

请参阅以下常见问题解答:

[\[常见问题解答\] AM625 : 针对特定外设的 PCB 模式建议](#)

[\[常见问题解答\] AM625 : MMC0 PCB 连接要求](#)

[AM6442 : MMCS0 \(eMMC\) 和 MMCS1 \(SD 卡\) 的 PCB 布局指南](#)

### 8.1 布局检查清单

#### 一般

检查并验证定制原理图设计的以下内容:

1. 上述部分, 包括相关应用手册和常见问题解答链接
2. 是设计为符合处理器数据表 *时序和开关特性* 部分 *时序条件* 表中定义的 PCB 布线延迟要求的定制电路板
3. *应用、实施和布局* 部分, 并遵循了相关部分

## 9 定制电路板设计仿真

存储器 (LPDDR4) 的基线驱动阻抗和 ODT 设置源自对 SK 执行的信号完整性 (SI) 仿真。

由于配置值可能不同, 建议对定制设计进行仿真。

请参阅以下常见问题解答:

[\[常见问题解答\] AM625/AM623/AM625SIP/AM625-Q1/AM620-Q1/AM62A7/AM62A3/AM62P/AM62P-Q1/AM6442/AM2432 定制电路板硬件设计 - IO 缓冲器的 S 参数和 IBIS 模型](#)

[\[常见问题解答\] 将 DDR IBIS 模型用于 AM64x、AM62x、AM62Ax、AM62Px](#)

要了解高速 LPDDR4 接口的电路板提取、仿真和分析方法，请参阅 [AM62Ax、AM62Px、AM62Dx LPDDR4 电路板设计和布局布线指南](#) 应用手册的 [LPDDR4 电路板设计仿真](#) 一章。

使用 SysConfig 上的 [DDR 寄存器配置工具](#) 可调节驱动强度。

有关更多信息，请参阅 [\[常见问题解答\] AM62A7 或 AM62A3 定制电路板硬件设计 - 处理器 DDR 子系统和器件寄存器配置](#)。

请参阅 [\[常见问题解答\] AM62A3-Q1 : AM62A3-Q1 PDN Power SI 仿真问题](#)。

上述常见问题解答是通用的，也可用于 AM62D-Q1 处理器系列。

## 10 其他参考内容

其他参考资料包含针对特定处理器的常见问题解答和 [定制电路板设计硬件设计注意事项](#) 文档。连接器件 ( 包括 PMIC 和 EPHY ) 的原理图。

### 10.1 有关 AM6xx 处理器系列的常见问题解答

以下常见问题解答总结了定制电路板设计期间可以参考的关键配套资料：

[\[常见问题解答\] AM64x、AM243x、AM62x、AM62Ax、AM62Dx、AM62Px 定制电路板硬件设计 - 原理图设计和原理图审阅期间用于参考的配套资料](#)

---

#### 备注

在查看 SK PDF 原理图时，查找常见问题解答链接，点击这些链接了解更多信息。

---

### 10.2 常见问题解答 - 处理器产品系列和 Sitara 处理器系列

根据与电路板设计人员的交互、多个电路板设计人员的询问以及从电路板设计人员的询问中学习，创建了常见问题解答，用于回答一些常见设计问题或提供设计指南，以便在定制电路板设计期间为电路板设计人员提供支持。请参阅下面的常见问题解答列表。客户可在定制电路板设计期间使用该列表以及其他可用设计配套资料 ( 包括 [定制电路板设计硬件设计注意事项](#) 和 [原理图设计指南和原理图审阅检查清单](#) ) ：

#### AM62Ax 处理器系列：

[\[常见问题解答\] AM62A7、AM62A7-Q1、AM62A3、AM62A3-Q1 定制电路板硬件设计 - 与处理器配套资料、功能、外设、接口和入门套件相关的常见问题解答](#)

以上常见问题解答包含与 AM62D-Q1 处理器系列相关的常见问题解答。

#### AM62Px 处理器系列：

[\[常见问题解答\] AM62P、AM62P-Q1 定制电路板硬件设计 - 与处理器配套资料、功能、外设、接口和入门套件相关的常见问题解答](#)

#### AM62x 处理器系列：

[\[常见问题解答\] AM625、AM623、AM625SIP、AM625-Q1、AM620-Q1 定制电路板硬件设计 - 与处理器配套资料、功能、外设、接口和入门套件相关的常见问题解答](#)

#### Sitara 处理器系列：

[\[常见问题解答\] 定制电路板硬件设计 - 所有 Sitara 处理器 \( AM62x、AM64x、AM243x、AM335x \) 系列的主要 \( 完整 \) 常见问题解答列表](#)

请参阅下面的常见问题解答链接，其中列出了所有可用的常见问题解答，包括与软件相关的问题解答：

[\[常见问题解答\] AM6x : 有关 AM62x、AM64x、AM24x、AM3x、AM4x Sitara 器件的最新常见问题解答](#)

### 10.3 处理器连接器件

[TPS65219 原理图、布局检查清单](#)

## TPS65931211-Q1 适用于 AM62A 的 PMIC 用户指南

### 以太网 PHY PCB 设计布局检查清单

#### 备注

验证 [TI.com](http://TI.com) 上所连接器件的器件特定原理图审阅检查清单的可用性，并使用可用检查清单验证自定义电路板实现。

## 11 总结

电路板设计人员在自定义电路板原理图设计和审阅过程中可将 *原理图设计指南* 和 *原理图审阅检查清单* 用作设计指南。本文档中提供的建议有助于设计人员简化电路板设计、减少原理图错误、缩短电路板启动时间、缩短电路板调试时间，并可能更大程度地减少日后重新设计电路板的工作。

## 12 参考资料

### 12.1 AM62A7/AM62A3/AM62A7-Q1/AM62A3-Q1

- 德州仪器 (TI), [AM62Ax Sitara 处理器](#) 数据表
- 德州仪器 (TI), [AM62Ax Sitara 处理器](#) 技术参考手册
- 德州仪器 (TI), [AM62Ax 器件勘误表](#)
- 德州仪器 (TI), [入门套件 SK-AM62A-LP](#) 网页
- 德州仪器 (TI), [使用 AM62A3、AM62A7、AM62A3-Q1、AM62A7-Q1 和 AM62D-Q1 处理器系列的定制电路板设计硬件设计注意事项](#) 用户指南
- 德州仪器 (TI), [AM62Ax 最大电流额定值](#) 应用手册
- 德州仪器 (TI), [AM62Ax 功耗估算工具](#) 应用手册
- 德州仪器 (TI), [适用于 AM62Ax 的 PMIC 解决方案](#) 产品概述
- 德州仪器 (TI), [AM62Ax/AM62Dx PCB 设计迂回布线](#) 用户指南
- 德州仪器 (TI), [AM62Ax、AM62Px、AM62Dx LPDDR4 电路板设计和布局布线指南](#) 应用手册
- 德州仪器 (TI): [SK-AM62A-LP 设计包文件夹和文件列表](#)

### 12.2 AM62D-Q1

- 德州仪器 (TI), [AM62Dx Sitara 处理器](#) 数据表
- 德州仪器 (TI), [AM62Dx Sitara 处理器](#) 技术参考手册
- 德州仪器 (TI), [AM62Dx Sitara 处理器器件勘误表, 器件版本 1.0](#)
- 德州仪器 (TI), [AUDIO-AM62D-EVM](#) 网页
- 德州仪器 (TI), [使用 AM62A3、AM62A7、AM62A3-Q1、AM62A7-Q1 和 AM62D-Q1 处理器系列的定制电路板设计硬件设计注意事项](#) 用户指南
- 德州仪器 (TI), [AM62Ax/AM62Dx PCB 设计迂回布线](#) 用户指南
- 德州仪器 (TI), [AM62Ax、AM62Px、AM62Dx LPDDR4 电路板设计和布局布线指南](#) 应用手册

### 12.3 AM62P/AM62P-Q1

- 德州仪器 (TI), [AM62Px Sitara 处理器](#) 数据表
- 德州仪器 (TI), [AM62Px Sitara 处理器](#) 技术参考手册
- 德州仪器 (TI), [AM62Px 器件勘误表](#)
- 德州仪器 (TI), [入门套件 SK-AM62P-LP](#) 网页
- 德州仪器 (TI), [使用 AM62P/AM62P-Q1 系列处理器的定制电路板设计硬件设计注意事项](#) 用户指南
- 德州仪器 (TI), [AM62P、AM62P-Q1 处理器系列原理图设计指南和审阅检查清单](#) 应用手册
- 德州仪器 (TI), [AM62P 功耗估算工具](#) 用户指南
- 德州仪器 (TI), [为 AM62Px 器件供电的 PMIC](#) 产品概述
- 德州仪器 (TI), [AM62Px PCB 设计迂回布线](#) 应用手册
- 德州仪器 (TI), [AM62Ax、AM62Px、AM62Dx LPDDR4 电路板设计和布局布线指南](#) 应用手册
- 德州仪器 (TI), [SK-AM62P-LP 设计包文件夹和文件列表](#) 产品概述

## 12.4 AM625/AM623/AM625SIP/AM625-Q1/AM620-Q1

- 德州仪器 (TI), [AM62x Sitara 处理器 数据表](#)
- 德州仪器 (TI), [AM625SIP - 具有集成 LPDDR4 SDRAM 的 AM6254 Sitara 处理器 数据表](#)
- 德州仪器 (TI), [AM62x Sitara 处理器 技术参考手册](#)
- 德州仪器 (TI), [AM62x 器件勘误表](#)
- 德州仪器 (TI), [使用 AM625/AM623/AM625SIP/AM625-Q1/AM620-Q1 系列处理器的定制电路板硬件设计注意事项 用户指南](#)
- 德州仪器 (TI), [AM625、AM623、AM625SIP、AM625-Q1、AM620-Q1 处理器系列原理图设计指南和审阅检查清单 应用手册](#)
- 德州仪器 (TI), [入门套件 SK-AM62B-P1 网页](#)
- 德州仪器 (TI), [分立式电源解决方案的入门套件 SK-AM62B 网页](#)
- 德州仪器 (TI), [入门套件 SK-AM62-LP 网页](#)
- 德州仪器 (TI), [入门套件 SK-AM62-SIP 网页](#)
- 德州仪器 (TI), [AM62x 功耗 应用手册](#)
- 德州仪器 (TI), [AM62x 最大电流额定值 应用手册](#)
- 德州仪器 (TI), [AM62x 功耗估算工具 应用手册](#)
- 德州仪器 (TI), [使用 TPS65219 PMIC 为 AM62x 供电 应用手册](#)
- 德州仪器 (TI), [使用 TPS65219 PMIC 为 AM625SIP 供电 应用手册](#)
- 德州仪器 (TI), [AM62x 的分立式电源解决方案 应用手册](#)
- 德州仪器 (TI), [AM62x PCB 迂回布线 应用手册](#)
- 德州仪器 (TI), [AM62x \(AMC\) PCB 迂回布线 应用手册](#)
- 德州仪器 (TI), [AM62x SIP PCB 迂回布线 应用手册](#)
- 德州仪器 (TI), [AM62x DDR 电路板设计和布局布线指南 应用手册](#)
- 德州仪器 (TI), [PRU-ICSS 特性比较 应用手册](#)
- 德州仪器 (TI), [AM625SIP 处理器如何通过集成 LPDDR4 加快开发 应用简报](#)
- 德州仪器 (TI), [AM625SIP : 系统级封装释疑 产品概述](#)
- 德州仪器 (TI), [SK-AM62B-P1 设计包内容概述 产品概述](#)
- 德州仪器 (TI), [SK-AM62-LP 设计包内容概述 产品概述](#)
- 德州仪器 (TI), [SK-AM62-SIP 设计包文件夹和文件列表 产品概述](#)
- 德州仪器 (TI), [SK-AM62B 设计包文件夹和文件列表 产品概述](#)

## 12.5 所有处理器系列通用

- 德州仪器 (TI), [AM623、AM625、AM625SIP、AM620-Q1、AM625-Q1、AM62A3、AM62A7、AM62A7-Q1、AM62D-Q1、AM62P-Q1 原理图设计指南和审阅检查清单 应用手册](#)
- 德州仪器 (TI), [Sitara 处理器配电网络：实现与分析 应用手册](#)
- 德州仪器 (TI), [高速接口布局指南 应用手册](#)
- 德州仪器 (TI), [高速布局指南 应用手册](#)
- 德州仪器 (TI), [Jacinto™ 7 AM6x、TDA4x 和 DRA8x 高速接口设计指南 应用手册](#)
- 德州仪器 (TI), [DSP 和 Arm 应用处理器热设计指南 应用手册](#)
- 德州仪器 (TI), [仿真和跟踪接头技术参考手册 用户指南](#)
- 德州仪器 (TI), [XDS 目标连接指南 应用手册](#)
- 德州仪器 (TI), [TIA/EIA-644 \(LVDS\) 的接口电路 设计注意事项](#)
- 德州仪器 (TI), [通用硬件设计/BGA PCB 设计/BGA 去耦 应用手册](#)
- 德州仪器 (TI), [MSL 等级和回流焊曲线 应用手册](#)
- 德州仪器 (TI), [湿敏等级搜索 封装搜索](#)
- 德州仪器 (TI), [KeyStone™ 器件时钟设计指南 应用手册](#)
- 德州仪器 (TI), [KeyStone II 器件硬件设计指南 应用手册](#)
- 德州仪器 (TI), [TIDA-01413 - ADAS 8 通道传感器融合集线器参考设计 设计指南](#)
- 德州仪器 (TI), [Jacinto 7 DDRSS 寄存器配置工具 应用手册](#)
- 德州仪器 (TI), [使用 IBIS 模型进行时序分析 应用手册](#)
- 德州仪器 (TI), [显示接口：Sitara MPU 可视化设计综合指南 应用手册](#)



## 12.6 可用常见问题解答主列表 - 按处理器系列

提供了完整的常见问题解答列表，可用于快速查看所选处理器或处理器系列的可用常见问题解答列表。

[\[常见问题解答\] AM62A7、AM62A7-Q1、AM62A3、AM62A3-Q1 定制电路板硬件设计 - 与处理器配套资料、功能、外设、接口和入门套件相关的常见问题解答](#)

以上常见问题解答包含与 AM62D-Q1 处理器系列相关的常见问题解答。

[\[常见问题解答\] AM62P、AM62P-Q1 定制电路板硬件设计 - 与处理器配套资料、功能、外设、接口和入门套件相关的常见问题解答](#)

[\[常见问题解答\] AM625、AM623、AM625SIP、AM625-Q1、AM620-Q1 定制电路板硬件设计 - 与处理器配套资料、功能、外设、接口和入门套件相关的常见问题解答](#)

## 12.7 可用常见问题解答主列表 - Sitara 处理器系列

[\[常见问题解答\] 定制电路板硬件设计 - 所有 Sitara 处理器 \(AM62x、AM64x、AM243x、AM335x\) 系列的主要 \(完整\) 常见问题解答列表](#)

## 12.8 常见问题解答，包括相关软件

[\[常见问题解答\] AM6x：有关 AM62x、AM64x、AM24x、AM3x、AM4x Sitara 器件的最新常见问题解答](#)

## 12.9 有关连接器件的常见问题解答

[\[常见问题解答\] TPS6594-Q1、TPS6593-Q1、LP8764-Q1 PMIC 的常见问题解答列表](#)

[\[常见问题解答\] DP83869-EP：以太网合规性测试失败](#)

[\[常见问题解答\] TPS65219：为 Sitara AM62x MPU 供电的 PMIC 与分立式解决方案的优势](#)

## 13 术语

<b>BOM</b>	物料清单
<b>BU</b>	业务部门
<b>CAN</b>	控制器局域网
<b>CPPI</b>	通信端口编程接口
<b>CPSW3G</b>	通用平台 3 端口千兆位以太网交换机
<b>CSIRX</b>	摄像头流媒体接口接收器
<b>DDR0_CAL0</b>	IO 焊盘校准电阻
<b>DFU</b>	器件固件升级
<b>DNI</b>	请勿安装
<b>DPI</b>	显示并行接口
<b>DRD</b>	双角色设备
<b>E2E</b>	工程师对工程师
<b>ECC</b>	错误校正码
<b>EMC</b>	电磁兼容性
<b>EMI</b>	电磁干扰
<b>eMMC</b>	嵌入式多媒体卡
<b>EMU</b>	仿真控制
<b>EOS</b>	电过应力
<b>ESD</b>	静电放电
<b>ESL</b>	有效串联电感

<b>ESR</b>	有效串联电阻
<b>常见问题解答</b>	常见问题解答
<b>FET</b>	场效应晶体管
<b>GEMAC</b>	千兆位以太网介质访问控制器
<b>GPIO</b>	通用输入/输出
<b>GPMC</b>	通用存储器控制器
<b>HS-RTDX</b>	高速实时数据交换
<b>I2C</b>	内部集成电路
<b>IBIS</b>	输入/输出缓冲器信息规范
<b>IEP</b>	工业以太网外设
<b>JTAG</b>	联合测试行动组
<b>LDO</b>	低压降
<b>LVCMOS</b>	低压互补金属氧化物半导体
<b>LVDS</b>	低电压差分信号
<b>MAC</b>	介质访问控制器
<b>MCASP</b>	多通道音频串行端口
<b>MCSPi</b>	多通道串行外设接口
<b>MCU</b>	微控制器单元
<b>MDI</b>	媒体相关接口
<b>MDIO</b>	管理数据输入/输出
<b>MMC</b>	多媒体卡
<b>MMCSd</b>	多媒体卡/安全数字
<b>ODT</b>	片上端接
<b>OPN</b>	可订购器件型号
<b>OSPI</b>	八线串行外设接口
<b>PCB</b>	印刷电路板
<b>PDN</b>	配电网络
<b>PET</b>	功耗估算工具
<b>PL</b>	产品线
<b>PMIC</b>	电源管理集成电路
<b>POR</b>	上电复位
<b>QSPi</b>	四线串行外设接口
<b>RGMII</b>	简化千兆位媒体独立接口
<b>RMII</b>	简化媒体独立接口
<b>ROC</b>	建议运行条件
<b>SD</b>	安全数字
<b>SDIO</b>	安全数字输入输出
<b>SPI</b>	串行外设接口
<b>TCK</b>	测试时钟输入
<b>TDI</b>	测试数据输入
<b>TDO</b>	测试数据输出
<b>TEN</b>	测试使能

<b>TMS</b>	测试模式选择输入
<b>TRC_DATAn</b>	跟踪数据 n
<b>TRM</b>	技术参考手册
<b>TRSTn</b>	复位
<b>UART</b>	通用异步收发器
<b>WKUP</b>	唤醒
<b>XDS</b>	扩展开发系统
<b>ZQ</b>	器件校准基准

## 14 修订历史记录

注：以前版本的页码可能与当前版本的页码不同

<b>Changes from Revision * (November 2024) to Revision A (December 2024)</b>	<b>Page</b>
• 更新了节 <a href="#">摘要</a> .....	1
• 更新了节 <a href="#">1.1.1</a> .....	2
• 更新了节 <a href="#">1.1.2</a> .....	2
• 更新了节 <a href="#">1.1.4</a> .....	2
• 添加了节 <a href="#">1.2</a> .....	2
• 更新了节 <a href="#">1.2.1</a> .....	3
• 添加了节 <a href="#">1.2.2</a> .....	3
• 添加了节 <a href="#">2.1.1</a> .....	3
• 添加了节 <a href="#">2.1.2</a> .....	3
• 更新了节 <a href="#">2.2</a> .....	3
• 更新了节 <a href="#">3.1</a> .....	3
• 更新了节 <a href="#">3.2</a> .....	3
• 更新了节 <a href="#">3.5</a> .....	4
• 更新了节 <a href="#">3.6</a> .....	4
• 更新了节 <a href="#">4.1.1</a> .....	5
• 更新了节 <a href="#">4.1.1.1.1</a> .....	5
• 添加了节 <a href="#">4.1.1.1.2</a> .....	6
• 更新了节 <a href="#">4.1.1.2</a> .....	6
• 更新了节 <a href="#">4.1.1.2.3</a> .....	7
• 更新了节 <a href="#">5.2.1.3</a> .....	9
• 更新了节 <a href="#">5.2.1.7</a> .....	10
• 更新了节 <a href="#">5.2.2.1</a> .....	10
• 更新了节 <a href="#">5.2.2.2</a> .....	10
• 更新了节 <a href="#">5.3.4</a> .....	11
• 更新了节 <a href="#">6.1.1</a> .....	13
• 更新了节 <a href="#">6.1.1.1</a> .....	13
• 更新了节 <a href="#">6.1.1.1.1</a> .....	13
• 更新了节 <a href="#">6.1.1.1.2</a> .....	14
• 更新了节 <a href="#">6.1.1.1.4</a> .....	14
• 更新了节 <a href="#">6.1.1.2.2</a> .....	15
• 更新了节 <a href="#">6.1.1.2.3</a> .....	16
• 更新了节 <a href="#">6.1.1.3</a> .....	16
• 更新了节 <a href="#">6.1.1.4.1</a> .....	18
• 更新了节 <a href="#">6.1.3.1.1</a> .....	19
• 更新了节 <a href="#">6.1.3.1.2</a> .....	20
• 更新了节 <a href="#">6.1.3.2</a> .....	21

• 更新了节 6.1.3.2.1 .....	21
• 更新了节 6.1.4.1 .....	22
• 更新了节 6.1.4.4 .....	23
• 更新了节 6.1.5 .....	24
• 更新了节 6.1.5.3 .....	25
• 更新了节 6.2.1 .....	26
• 更新了节 7.1.1 .....	27
• 更新了节 7.2.1.1.1 .....	28
• 更新了节 7.2.1.2.1 .....	28
• 更新了节 7.2.1.2.1.5 .....	29
• 更新了节 7.2.2.1.1 .....	30
• 更新了节 7.2.2.2.2 .....	32
• 更新了节 7.2.2.2.3 .....	32
• 更新了节 7.3.1.4.3 .....	40
• 更新了节 7.3.1.6 .....	41
• 更新了节 7.3.1.11 .....	42
• 更新了节 7.3.2.3 .....	44
• 更新了节 7.4.2 .....	48
• 更新了节 7.5.1.1 .....	50
• 添加了节 7.5.2.1.2 .....	52
• 更新了节 7.5.3.1 .....	52
• 更新了节 7.5.3.3 .....	52
• 更新了节 7.5.3.4 .....	53
• 更新了节 7.5.4.1.1 .....	54
• 更新了节 7.5.4.2 .....	55
• 更新了节 7.6.5 .....	56
• 更新了节 8 .....	57
• 更新了节 9 .....	57
• 更新了节 10.1 .....	58
• 更新了节 10.2 .....	58
• 更新了节 10.3 .....	58
• 更新了节 11 .....	59
• 更新了节 12.1 .....	59
• 添加了节 12.2 .....	59
• 更新了节 12.3 .....	59
• 更新了节 12.4 .....	60
• 更新了节 12.5 .....	60
• 更新了节 12.6 .....	61
• 更新了节 12.9 .....	61



## 重要通知和免责声明

TI“按原样”提供技术和可靠性数据（包括数据表）、设计资源（包括参考设计）、应用或其他设计建议、网络工具、安全信息和其他资源，不保证没有瑕疵且不做任何明示或暗示的担保，包括但不限于对适销性、某特定用途方面的适用性或不侵犯任何第三方知识产权的暗示担保。

这些资源可供使用 TI 产品进行设计的熟练开发人员使用。您将自行承担以下全部责任：(1) 针对您的应用选择合适的 TI 产品，(2) 设计、验证并测试您的应用，(3) 确保您的应用满足相应标准以及任何其他功能安全、信息安全、监管或其他要求。

这些资源如有变更，恕不另行通知。TI 授权您仅可将这些资源用于研发本资源所述的 TI 产品的相关应用。严禁以其他方式对这些资源进行复制或展示。您无权使用任何其他 TI 知识产权或任何第三方知识产权。您应全额赔偿因在这些资源的使用中对 TI 及其代表造成的任何索赔、损害、成本、损失和债务，TI 对此概不负责。

TI 提供的产品受 [TI 的销售条款](#) 或 [ti.com](#) 上其他适用条款/TI 产品随附的其他适用条款的约束。TI 提供这些资源并不会扩展或以其他方式更改 TI 针对 TI 产品发布的适用的担保或担保免责声明。

TI 反对并拒绝您可能提出的任何其他或不同的条款。

邮寄地址：Texas Instruments, Post Office Box 655303, Dallas, Texas 75265  
版权所有 © 2025，德州仪器 (TI) 公司